

# AGENT FOR IMPROVING GROUND CONSOLIDATION AND SUSPENSION TYPE GROUT AGENT AND GROUND IMPROVEMENT USING THE SAME

Publication number: JP11349943  
Publication date: 1999-12-21  
Inventor: KITAMURA TADASHI; NAGATA MASAHIKO  
Applicant: MITSUI CHEMICALS INC  
Classification:  
- international: **C09K17/02; C09K17/06; E02D3/12; C09K17/02;  
E02D3/00; (IPC1-7): C09K17/02; C09K17/06; E02D3/12;  
C09K103/00**  
- european:  
Application number: JP19980292134 19981014  
Priority number(s): JP19980292134 19981014; JP19980098926 19980410;  
JP19980098929 19980410

Report a data error here

## Abstract of JP11349943

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a ground consolidation-improving agent which is added to fine sand grounds or gravelly grounds containing humic organic acids and/or clay minerals having cation-adsorbing and exchanging abilities in large amounts to improve the grounds, such as to prevent liquefaction or to prevent sliding breakage, and which has an arbitrary agent liquid life, to provide a suspension type grout agent, and to provide a method for improving grounds by using the same.  
**SOLUTION:** This ground consolidation-improving agent comprises 30-85 wt.% of the below-described metakaolin-containing hydraulic particles (a) or (b), 10-50 wt.% of particulate slaked lime, 3-30 wt.% of a water-soluble sulfate, and 0.1-12 wt.% of an alkali metal carbonate and/or a solidified alkaline solution. (a) Metakaolin-containing hydraulic particles. (b) Metakaolin-containing hydraulic particles obtained by mixing metakaolin particles with one or more kinds of pozzolan-reactive particles selected from the group consisting of water- granulated slag particles, fly ash particles and cement particles in a metakaolin particle: pozzolan-reactive particle mixing ratio of 100:1 to 1:100.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-349943

(43)公開日 平成11年(1999)12月21日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	F I	
C 0 9 K 17/02		C 0 9 K 17/02	P
17/06		17/06	P
E 0 2 D 3/12	1 0 2	E 0 2 D 3/12	1 0 2
// C 0 9 K 103:00			

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 23 頁)

(21)出願番号	特願平10-292134	(71)出願人	000005887 三井化学株式会社 東京都千代田区霞が関三丁目2番5号
(22)出願日	平成10年(1998)10月14日	(72)発明者	北村 正 神奈川県横浜市栄区笠間町1190番地 三井化学株式会社内
(31)優先権主張番号	特願平10-98926	(72)発明者	永田 雅彦 千葉県茂原市東郷1900番地 三井化学株式会社内
(32)優先日	平10(1998)4月10日	(74)代理人	弁理士 若林 忠 (外4名)
(33)優先権主張国	日本 (J P)		
(31)優先権主張番号	特願平10-98929		
(32)優先日	平10(1998)4月10日		
(33)優先権主張国	日本 (J P)		

(54)【発明の名称】 地盤固結改良剤ならびに懸濁型グラウト剤とそれを用いた地盤改良方法

(57)【要約】

【課題】 フミン質有機酸及び／または陽イオン吸着交換能を有する粘土鉱物を多く含む細砂地盤や礫質地盤に対し、液状化防止、滑り破壊防止等の地盤改良目的で混合され、任意な薬液ライフを持つ地盤固結改良剤ならびに懸濁型グラウト剤、それらを用いた地盤改良方法の提供。

【解決手段】 下記のaまたはbであるメタカオリン含有水硬性微粒子の30～85重量%と、微粒子状の消石灰の10～50重量%と、水溶性硫酸塩の3～30重量%及び炭酸アルカリ金属塩及び／または固形かんすいの0.1～12重量%とを含有させてなる地盤固結改良剤。a. メタカオリン含有水硬性微粒子。b. メタカオリン微粒子と、水性スラグ微粒子、フライアッシュ微粒子、セメント微粒子からなる群から選ばれた1種または2種以上のボゾラン反応性微粒子を混合使用してなり、メタカオリン微粒子：ボゾラン反応性微粒子の混和比率が(100:1)～(1:100)の範囲にあるメタカオリン含有水硬性微粒子。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下記aまたはbであるメタカオリン含有水硬性微粒子の30～85重量%と、微粒子状の消石灰の10～50重量%、重硫酸塩、重亜硫酸塩、亜硫酸塩、チオ硫酸塩、過硫酸塩、硫酸アルカリ金属塩、硫酸アルカリ土類金属塩からなる群から選ばれた1種または2種以上の水溶性硫酸塩の3～20重量%、及び炭酸アルカリ金属塩及び／または固形かんすいの0.1～12重量%とを含有してなる地盤固結改良剤。

a. メタカオリン微粒子の単独からなるメタカオリン含有水硬性微粒子。

b. メタカオリン微粒子と、水砕スラグ微粒子、フライアッシュ微粒子、セメント微粒子からなる群から選ばれた少なくとも1種または2種以上のボゾラン反応性微粒子との混合物からなり、メタカオリン微粒子：ボゾラン反応性微粒子で表される混和比率で(100:1)～(1:100)の範囲にあるメタカオリン含有水硬性微粒子。

【請求項2】 更に0.001～1重量%の水溶液から求められた分子の慣性二乗半径が200オングストローム以上である水溶性有機高分子系の分散助剤を0.1～5重量%の範囲となる様に更に配合してなる事を特徴とする請求項1に記載の地盤固結改良剤。

【請求項3】 粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が250 $\mu$ m以下または比表面積が0.35～50m<sup>2</sup>/gにあるメタカオリン含有水硬性微粒子を選定使用する事を特徴とする請求項1～2のいずれかに記載の地盤固結改良剤。

【請求項4】 水溶性硫酸塩が硫酸アルカリ金属塩の単独からなる事を特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の地盤固結改良剤。

【請求項5】 炭酸アルカリ金属塩が炭酸ナトリウムである事を特徴とする請求項2～4のいずれかに記載の地盤固結改良剤。

【請求項6】 請求項1～5のいずれかに記載の地盤固結改良剤を水で懸濁させてなり、水／(メタカオリン含有水硬性微粒子+消石灰)で表される重量比で0.5～5の範囲、消石灰／(メタカオリン含有水硬性微粒子)で表される重量比で0.1～1の範囲、分散助剤の含有濃度が地盤固結改良剤中に0.1～0.85重量%の範囲とし、かつ1液または2液型の懸濁溶液とする事を特徴とする請求項1～5のいずれかに記載の地盤固結改良剤。

【請求項7】 粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が30 $\mu$ m以下または比表面積が0.85～50m<sup>2</sup>/gにある前記aまたはbのメタカオリン含有水硬性微粒子、粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が30 $\mu$ m以下または比表面積が0.85～50m<sup>2</sup>/gにある消石灰微粒子とする事を特徴とする請求項1～6のいずれかに記載の水に懸濁化してなる地盤固結改良剤組成物で

高速浸透注入性が十分確保された懸濁型グラウト剤。

【請求項8】 1kgの改良対象地盤から抽出されたフミン酸で代表されるフミン質有機酸量として、その全量を中和するのに要した水酸化ナトリウムのミリ当量で表した含有濃度で300ミリ当量未満の高有機酸含有の細砂地盤及び／または礫質地盤、及び／または、100gの改良対象地盤中500ミリ当量未満のカルシウム陽イオン吸着交換能を有する細砂地盤及び／または礫質地盤に対し、請求項1～6のいずれかに記載の地盤固結改良剤を用いて地盤を一体固結させる地盤改良方法。

【請求項9】 1kgの改良対象地盤から抽出されたフミン酸で代表されるフミン質有機酸量として、その全量を中和するのに要した水酸化ナトリウムのミリ当量で表した含有濃度で300ミリ当量未満の高有機酸含有の細砂地盤及び／または礫質地盤、及び／または、100gの改良対象地盤中500ミリ当量未満のカルシウム陽イオン吸着交換能を有する細砂地盤及び／または礫質地盤に対し、請求項7に記載の懸濁型グラウト剤をグラウト注入管を介して加圧下に浸透注入させて該地盤を固結させる事を特徴とする地盤改良方法。

【請求項10】 1kgの改良対象地盤から抽出されたフミン酸で代表されるフミン質有機酸量として、その全量を中和するのに要した水酸化ナトリウムのミリ当量で表した含有濃度で300ミリ当量未満の高有機酸含有のシルト細砂地盤及び／またはシルト礫質地盤、及び／または、100gの改良対象地盤中500ミリ当量未満のカルシウム陽イオン吸着交換能を有するシルト細砂地盤及び／またはシルト礫質地盤に対し、請求項1～6のいずれかに記載の地盤固結改良剤を、地中深く下ろされたミキシングロッドの先端部より吐出または流出させ、同ロッドで該地盤と混和させながら徐々に引き上げ、同操作を場所をかえて繰返すことにより、ミキシングロッド周辺の土砂と請求項1～6のいずれかに記載の地盤固結改良剤とを一体混合させて固結させる連続地中杭または連続地中壁の構築方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明はフミン酸で代表されるフミン質有機酸や陽イオン吸着交換能を有する粘土鉱物のいずれかを比較的多く含み、かつ地震の際に液状化災害、滑り破壊災害、不同沈下災害等の発生が予想される細砂地盤及び／または礫質地盤を、確実かつ恒久的に固結強化安定化する事でその発生防止対策が可能な、メタカオリン含有水硬性微粒子と微細な消石灰と重硫酸塩、重亜硫酸塩、亜硫酸塩、チオ硫酸塩、過硫酸塩、硫酸アルカリ金属塩、硫酸アルカリ土類金属塩から選ばれた1種または2種以上からなる水溶性硫酸塩及び炭酸アルカリ金属塩及び／または固形かんすいまたは水溶性有機高分子系の分散助剤とを含有してなる地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤に関する。またその地盤固結改

良剤または懸濁型グラウト剤を用いた地盤改良工法ならびに地盤固結改良剤を用いた連続地中杭または連続地中壁の構築方法に関する。

【0002】ここでフミン酸とは、若い地層の堆積物に多く含まれている事が良く知られており、その平均分子量は数百～数万と言われ、詳細な分子構造はいまだに明らかになっていないが、タンパク質の分解生成物、また更に炭水化物などとの縮合反応によって生成された有機高分子化合物と言われている物である。

【0003】細砂地盤中の該フミン質有機酸の含有濃度を簡便的に知るには、0.5～1N(N:規定)の水酸化ナトリウム溶液を用い、加熱下に1時間程度抽出する処理方法で抽出し、砂を除いた該抽出母液をフェノールフタレン指示薬の存在下に0.5～1N塩酸で逆滴定する事で細砂中に含有するフミン質有機酸の絶対量を求める事ができる。完全に中和された該抽出母液からは茶褐色の物質が沈殿析出することがあるが、この沈殿物がフミン酸のナトリウム塩であると広く認識されている。

【0004】

【従来の技術】固結体が比較的高強度となる地盤改良剤としては、セメントを主成分とする地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤がすでに公知であり、例えば特開平1-133965号公報等に代表される。しかし、フミン質有機酸及び/または陽イオン吸着交換能を有する粘土鉱物を多く含んだ地盤では著しく硬化阻害を受け、そのままでは固結信頼性を欠く課題がある。

【0005】ところで、フミン質有機酸による硬化阻害を受けないとされる土壌固化剤として提案されているものに特公平06-78524号公報がある。該公報技術によれば、 $4\text{CaO} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SO}_3$ と $11\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{CaX}_2$ (Xはハロゲン)、 $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $12\text{CaO} \cdot 7\text{Al}_2\text{O}_3$ の1種とが共存するカルシウム・アルミネートを主成分に半水石膏や無水石膏等で代表される水硬性の無機硫酸塩を添加混合してなる組成物が高有機質土壌固化剤として好ましく使用出来るとしている。該組成物の基本的な固結反応は土壌中の有機成分に影響されることなく、水と合うと速やかにエトリンガイトを形成して固結するとある。しかし、水硬性微粒子はその取り扱いに注意が必要で、水に濡れるとすぐ硬化してしまうか又は2次粒子を形成する為、浸透注入現場向きでない課題がある。

【0006】またその他、高炉水砕スラグ、転炉水砕スラグ等の潜在水硬性の性質を示すスラグ粉末を主剤としたいわゆるスラグ系地盤改良剤が近年数多く提案されており、例えば特開平6-219796号公報、特開平6-228558号公報、特開平7-119138号公報等に代表される。これらの開示技術ではスラグ粉末の潜在水硬性を顕在化させる為のアルカリ刺激剤として、例えばアルカリ水ガラス溶液やアルミン酸ソーダや水酸化ナトリウム等を例示している。しかしそれらのアルカリ

刺激剤を添加してなる既知のスラグ系地盤改良剤のおおくは、地盤改良硬化速度や固結強度を高めようとするればするほどその系自体のゲルタイムは短くなる傾向にあり、1液化しても数十時間以上と長い薬液ライフを持つ急速固結型のスラグ系地盤固結改良剤またはスラグ懸濁型グラウト剤は得られない課題がある。

【0007】また既知のスラグ系地盤改良剤の多くは、実際の細砂地盤と混和されると、地盤中にあるフミン質有機酸成分がアルカリ刺激剤によって中和かつ水溶化されて溶脱する為、スラグ粒子への硬性阻害が顕著に表れ、結果として地盤の高強度固結化が未達となる重大な課題を内在している。また同様に、陽イオン吸着交換能を有する粘土鉱物に起因するスラグ粒子の水和硬性阻害、具体的には珪酸カルシウム水和結晶またはカルシウムアルミネート水和結晶等で代表される水和物結晶群の生成反応に必要なカルシウム陽イオンやアルミニウム陽イオンが粘土鉱物によって吸着消費される為にスラグ粒子の水和硬化反応が顕著に阻害され、結果として地盤の高強度固結化が未達となる重大な課題を内在している。

【0008】特に河川域周辺の細砂地盤は腐葉土またはフミン質有機酸や陽イオン吸着交換能の強い粘土成分を比較的多く含む地盤と言われる。その為、すでに公知のセメント系地盤改良剤やスラグ系地盤改良剤のいずれかを使用した地盤改良現場に於いては、予想以上に著しい硬化阻害現象を受け、しばしば固化が全く観察されなかったり、目標固結強度に達しない等の数多くの問題を抱えている実態にある。すなわち実際の砂質土地盤ではその固結信頼性がまだ極めて不十分の実態にある。

【0009】特に、水ガラス-スラグ系地盤改良剤や水酸化ナトリウム-スラグ系地盤改良剤等の公知のスラグ系地盤改良剤では、砂質土地盤中で著しい硬化阻害を受けると必然的に地下水の流入と共に環境負荷が大きいと懸念されるアルカリ刺激剤が広範囲に溶脱し所定領域外へ広く拡散または流出する事となる。すなわち、フミン質有機酸や陽イオン吸着交換能の強い粘土成分を比較的多く含む実地盤の固結剤として使用されると環境負荷の問題ならびに強度発現不良が助長されることが大きな問題となる。

【0010】地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤の抱えている課題のうち、急激な増粘を抑制して地盤との一体混和性を向上される為に取り得る手段としては、水/スラグ比または水/セメント比を出来るだけ大きくする事が挙げられが、しかし該方法では新たな課題としてブリージング水発生率が極めて高くなってしまふ課題や強度低下が避けられない課題等を併発する。

【0011】以上の様に、すでに公知の地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤に於いては実地盤に好ましく採用出来、フミン質有機酸や陽イオン吸着交換能の強い粘土成分を比較的多く含む細砂地盤及び/または礫質地盤等を短時間内に確実にかつ恒久的に固結する事ができる

高度な硬化機能と、また更に、1 液化状態で24時間以上安定に取り扱え、注入作業中は著しい増粘が見られない高固結信頼性機能とを併せ持つ地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤が見当たらない。

【0012】ところで、平成7年1月に発生した阪神淡路大震災の災害は、軟弱地盤上に構築されていた重要構造物に多大な被害が集中した事実から、その復旧工事方法や、不安定地盤上のすべての重要構造物に対する安全性確保の方法、恒久的な耐地震性強化方法等の課題をも提起したと言える。

【0013】特に前記した事に鑑みて、主要な都市部の液化化が予想される地盤上に構築されたまたは構築しようとしている重要構造物の耐震安全性確保が緊急かつ強く求められており、安全に取扱い、かつ現場での固結信頼性とその耐久性に富んだ新規な地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤を市場に早期に提供する事の必要性が高まっている。

【0014】

【発明が解決しようとする課題】従って本発明は前記した社会的要請に鑑み、フミン酸で代表されるフミン質有機酸及び／または陽イオン吸着交換能の強い粘土鉱物を比較的多く含む固結させやすい細砂地盤及び／または礫質地盤を主な対象地盤とし、その液化化防止、滑り破壊防止、不同沈下防止目的の為に地盤改良に際し、現場での1次分散安定性と固結信頼性に特に優れ、かつまたフミン質有機酸塩の溶脱による硬化阻害要因ならびに多価金属陽イオン吸着による硬化阻害要因を少なからず受け、所定の時間内で確実に対象地盤を固結する事が出来、その固結体は恒久的機能を発揮する環境負荷の小さい地盤固結改良剤、懸濁型グラウト剤の両方を安価に安定的に提供する事にある。

【0015】より具体的には、以下の(A)～(C)に示す性質を併せ持つ新たな地盤固結改良剤または以下の(B)～(F)に示す性質を併せ持つ新たな懸濁型グラウト剤の両方を提供する事にある。

【0016】(A)所定量の水と懸濁すると容易に1次分散し、その懸濁液単独系では0.1～300時間と任意な非流動化時間特性(葉液ライフ特性)を持ち、かつホモゲル塊生成時のブリージング水発生率が低い地盤固結改良剤。

【0017】(B)1kgの改良対象地盤から抽出されたフミン質有機酸量として、その全量を中和するのに要した水酸化ナトリウムのミリ当量で表した含有濃度で300ミリ当量未満の範囲にある細砂地盤及び／または礫質地盤、及び／または、100g当たり500ミリ当量未満のカルシウム陽イオン吸着交換能を有する細砂地盤及び／または礫質地盤を、地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤の懸濁型葉液ライフに何等関係無く、施工後1～3日以内には該地盤の固結強度(サンドゲル1軸圧縮強度)を25N/cm<sup>2</sup>以上と高強度に急速固結させ

ることが可能な地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤。

【0018】(C)その固結体が長期間安定した強度特性を示す地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤。

【0019】(D)B型粘度計による60回転ローシェアー粘度が高くとも100mPa・s以下であり、サンドゲル塊生成時のブリージング水発生率が低い事の特徴とする懸濁型グラウト剤。

【0020】(E)1～20リットル/分の高速浸透作業性を持つ懸濁型グラウト剤。

【0021】(F)1ショット～2ショット工法で地盤注入が可能な懸濁型グラウト剤。

【0022】また併せて、液化化防止、滑り防止、不同沈下防止目的の為に前記した地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤のいずれかをを用いた地盤改良方法、ならびに前記した地盤固結改良剤を用いた連続地中杭または連続地中壁の構築方法を提供する事にある。

【0023】

【課題を解決するための手段】上記課題を克服するため鋭意検討した結果、微細なメタカオリン含有水硬性微粒子と微細な消石灰と、重硫酸塩、重亜硫酸塩、亜硫酸塩、チオ硫酸塩、過硫酸塩、硫酸アルカリ金属塩、硫酸アルカリ土類金属塩からなる群から選ばれた1種または2種以上の水溶性硫酸塩、及び炭酸アルカリ金属塩及び／または固形かんすいと更に必要に応じて分散助剤とを含有させて成る地盤固結改良剤またはその水懸濁組成物である懸濁型グラウト剤でもって前記課題を解決出来る事を見出し本発明を達成した。

【0024】すなわち、本発明の地盤固結改良剤とは以下の3つである。

【0025】その一つは、下記aまたはbであるメタカオリン含有水硬性微粒子の30～85重量%と、微粒子状の消石灰の10～50重量%、重硫酸塩、重亜硫酸塩、亜硫酸塩、チオ硫酸塩、過硫酸塩、硫酸アルカリ金属塩、硫酸アルカリ土類金属塩からなる群から選ばれた1種または2種以上からなる水溶性硫酸塩の3～20重量%、及び炭酸アルカリ金属塩及び／または固形かんすいの0.1～12重量%とを含有してなる地盤固結改良剤である。

【0026】a.メタカオリン微粒子の単独からなるメタカオリン含有水硬性微粒子b.メタカオリン微粒子と、水砕スラグ微粒子、フライアッシュ微粒子、セメント微粒子からなる群から選ばれた少なくとも1種または2種以上のボゾラン反応性微粒子を混合使用してなり、メタカオリン微粒子：ボゾラン反応性微粒子で表される混和比率が(100:1)～(1:100)の範囲にあるメタカオリン含有水硬性微粒子

【0027】またその一つは、更に0.001～1重量%の水溶液から求められた分子の慣性二乗半径が低くとも200オングストローム以上である水溶性有機高分子

系の分散助剤を0.1～5重量%の範囲となる様に更に配合してなる事の特徴とする前記いずれかの地盤固結改良剤である。

【0028】本発明のより好ましい地盤固結改良剤としては、粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が $250\mu\text{m}$ 以下または比表面積が $0.35\sim50\text{m}^2/\text{g}$ にあるメタカオリン含有水硬性微粒子を用いる事の特徴とする前記いずれかの地盤固結改良剤が挙げられる。

【0029】また更に好ましくは、水溶性硫酸塩が硫酸アルカリ金属塩の単独からなる態様が挙げられ、また好ましくは、炭酸アルカリ金属塩が炭酸ナトリウムである事の特徴とする前記いずれかの地盤固結改良剤が挙げられる。

【0030】より、最も好ましくは、前記記載のいずれかの地盤固結改良剤を水で懸濁させてなり、水／（メタカオリン含有水硬性微粒子＋消石灰）で表される重量比で0.5～5の範囲、消石灰／（メタカオリン含有水硬性微粒子）で表される重量比で0.1～1の範囲、分散助剤の含有濃度が地盤固結改良剤中に0.1～0.85重量%の範囲とし、かつ1液または2液型の懸濁溶液とする事の特徴とする地盤固結改良剤が挙げられる。

【0031】本発明の懸濁型グラウト剤とは、粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が $30\mu\text{m}$ 以下または比表面積が $0.85\sim50\text{m}^2/\text{g}$ にある前記aまたはbのメタカオリン含有水硬性微粒子の30～85重量%と、粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が $30\mu\text{m}$ 以下または比表面積が $0.85\sim50\text{m}^2/\text{g}$ にある消石灰微粒子の10～50重量%と、重硫酸塩、重亜硫酸塩、亜硫酸塩、チオ硫酸塩、過硫酸塩、硫酸アルカリ金属塩、硫酸アルカリ土類金属塩からなる群から選ばれた1種または2種以上の水溶性硫酸塩の3～20重量%及び炭酸アルカリ金属塩及び／または固形かんすいまたは分散助剤の0.1～12重量%と、更に必要に応じて分散助剤とを含有してなる組成物を水に懸濁してなる高速浸透注入性が十分確保された懸濁型グラウト剤である。

【0032】また本発明の地盤改良方法とは、そのひとつには、1kgの改良対象地盤から抽出されたフミン酸で代表されるフミン質有機酸量として、その全量を中和するのに要した水酸化ナトリウムのミリ当量で表した含有濃度で300ミリ当量未満の高有機酸含有の細砂地盤及び／または礫質地盤、及び／または、100gの改良対象地盤中500ミリ当量未満のカルシウム陽イオン吸着交換能を有する細砂地盤及び／または礫質地盤に対し、本発明の地盤固結改良剤を水に懸濁させて該地盤を一体固結させる地盤改良方法である。

【0033】また別のひとつとして、本発明の懸濁型グラウト剤をグラウト注入管を介して加圧下に浸透注入させて該地盤を一体固結させる地盤改良方法である。

【0034】また本発明の連続地中杭または連続地中壁の構築方法とは、1kgの改良対象地盤から抽出された

フミン酸で代表されるフミン質有機酸量として、その全量を中和するのに要した水酸化ナトリウムのミリ当量で表した含有濃度で300ミリ当量未満の高有機酸含有のシルト細砂地盤及び／またはシルト礫質地盤、及び／または、100gの改良対象地盤中500ミリ当量未満のカルシウム陽イオン吸着交換能を有するシルト細砂地盤及び／またはシルト礫質地盤に対し、本発明の地盤固結改良剤を、地中深く下ろされたミキシングロッドの先端部より吐出または流出させ、同ロッドで該地盤と混和させながら徐々に引き上げ、同操作を場所をかえて繰返すことにより、ミキシングロッド周辺の土砂と本発明の地盤固結改良剤とを一体混合させて固結させる方法である。

【0035】ところで分子の慣性二乗半径とは、一般的に、無限希薄水溶液中に於いて1分子が占める自由占有体積または分子の広がり度合いを表すひとつの指標値であり、その数値が大きい程嵩高い占有面積または分子の広がりが高い事を意味する。

【0036】また本発明に於いては、その慣性二乗半径の数値は公知の慣性半径測定方法で得た数値で表されて良く、測定方法によって特に制約は無い。一般的には慣性半径分子量測定器で容易に求める事が出来る。

【0037】すなわち、本発明は次の(1)～(10)を提供するものである。

【0038】(1) 下記aまたはbであるメタカオリン含有水硬性微粒子の30～85重量%と、微粒子状の消石灰の10～50重量%、重硫酸塩、重亜硫酸塩、亜硫酸塩、チオ硫酸塩、過硫酸塩、硫酸アルカリ金属塩、硫酸アルカリ土類金属塩からなる群から選ばれた1種または2種以上からなる水溶性硫酸塩の3～20重量%、及び炭酸アルカリ金属塩及び／または固形かんすいの0.1～12重量%とを含有してなる地盤固結改良剤。

【0039】a. メタカオリン微粒子の単独からなるメタカオリン含有水硬性微粒子

b. メタカオリン微粒子と以下の、水砕スラグ微粒子、フライアッシュ微粒子、セメント微粒子からなる群から選ばれた少なくとも1種または2種以上のボゾラン反応性微粒子を混合使用してなり、メタカオリン微粒子：ボゾラン反応性微粒子で表される混和比率が(100：

1)～(1：100)の範囲にあるメタカオリン含有水硬性微粒子

【0040】(2) 更に0.001～1重量%水溶液から求められた分子の慣性二乗半径が低くとも200オングストローム以上である水溶性有機高分子系の分散助剤を地盤固結改良剤中に0.1～5重量%の範囲となる様に更に配合してなる事の特徴とする(1)記載の地盤固結改良剤。

【0041】(3) 粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が $250\mu\text{m}$ 以下または比表面積が $0.35\sim50\text{m}^2/\text{g}$ にあるメタカオリン含有水硬性微粒子を用いる

事の特徴とする(1)～(2)のいずれかに記載の地盤固結改良剤。

【0042】(4)水溶性硫酸塩が硫酸アルカリ金属塩の単独からなる事の特徴とする(1)～(3)のいずれかに記載の地盤固結改良剤。

【0043】(5)炭酸アルカリ金属塩が炭酸ナトリウムである事の特徴とする(1)～(4)のいずれかに記載の地盤固結改良剤。

【0044】(6)、(1)～(5)のいずれかに記載の地盤固結改良剤を水で懸濁させてなり、水/(メタカオリン含有水硬性微粒子+消石灰)で表される重量比で0.5～5の範囲、消石灰/(メタカオリン含有水硬性微粒子)で表される重量比で0.1～1の範囲、分散助剤の含有濃度が地盤固結改良剤中に0.1～0.85重量%の範囲、分散助剤の含有濃度が0.1～0.85重量%の範囲とし、かつ1液または2液型の懸濁液とする事の特徴とする(1)～(5)のいずれかに記載の地盤固結改良剤。

【0045】(7)粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が30 $\mu$ m以下または比表面積が0.85～50m<sup>2</sup>/gにある前記aまたはbのメタカオリン含有水硬性微粒子、粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が30 $\mu$ m以下または比表面積が0.85～50m<sup>2</sup>/gにある消石灰微粒子とする事の特徴とする(1)～(6)のいずれかに記載の水に懸濁化してなる地盤固結改良剤組成物で高速浸透注入性が十分確保された懸濁型グラウト剤。

【0046】(8)1kgの改良対象地盤から抽出されたフミン酸で代表されるフミン質有機酸量として、その全量を中和するのに要した水酸化ナトリウムのミリ当量で表した含有濃度で300ミリ当量未満の高有機酸含有の細砂地盤及び/または礫質地盤、及び/または、100gの改良対象地盤中500ミリ当量未満のカルシウム陽イオン吸着交換能を有する細砂地盤及び/または礫質地盤に対し、(1)～(6)のいずれかに記載の地盤固結改良剤を用いて地盤を一体固結させる地盤改良方法。

【0047】(9)1kgの改良対象地盤から抽出されたフミン酸で代表されるフミン質有機酸量として、その全量を中和するのに要した水酸化ナトリウムのミリ当量で表した含有濃度で300ミリ当量未満の高有機酸含有の細砂地盤及び/または礫質地盤、及び/または、100gの改良対象地盤中500ミリ当量未満のカルシウム陽イオン吸着交換能を有する細砂地盤及び/または礫質地盤に対し、(7)の懸濁型グラウト剤をグラウト注入管を介して加圧下に浸透注入させて該地盤を固結させる事の特徴とする地盤改良方法。

【0048】(10)1kgの改良対象地盤から抽出されたフミン酸で代表されるフミン質有機酸量として、その全量を中和するのに要した水酸化ナトリウムのミリ当量で表した含有濃度で300ミリ当量未満の高有機酸含

有のシルト細砂地盤及び/またはシルト礫質地盤、及び/または、100gの改良対象地盤中500ミリ当量未満のカルシウム陽イオン吸着交換能を有するシルト細砂地盤及び/またはシルト礫質地盤に対し、(1)～

(6)のいずれかに記載の地盤固結改良剤を、地中深く下ろされたミキシングロッドの先端部より吐出または流出させ、同ロッドで該地盤と混和させながら徐々に引き上げ、同操作を場所をかえて繰返すことにより、ミキシングロッド周辺の土砂と(1)～(6)のいずれかに記載の地盤固結改良剤とを一体混合させて固結させる連続地中杭または連続地中壁の構築方法。

【0049】

【発明の実施の形態】本発明の地盤固結改良剤および本発明の懸濁型グラウト剤では、1kgの地盤改良対象地盤から抽出されたフミン酸で代表されるフミン質有機酸量として、その全量を中和するのに要した水酸化ナトリウムのミリ当量で表した含有濃度で300ミリ当量未満の範囲で該有機酸を含有してなる細砂地盤及び/または礫質地盤が対象範囲として好ましい。

【0050】また更には、100gの改良対象地盤中500ミリ当量未満のカルシウム陽イオン吸着交換能を有する細砂地盤及び/または礫質地盤も好ましい対象である。

【0051】すなわち、フミン酸で代表されるフミン質有機酸及び/または陽イオン吸着交換能を有する粘土鉱物を含有してなる細砂地盤及び/または礫質地盤が対象範囲として好ましく示され、その他、硬化阻害を受けにくい一般的な細砂地盤及び/または礫質地盤であっても好ましく包含されるものである。

【0052】なお、前記した対象地盤範囲によって本発明の地盤固結改良剤および本発明の懸濁型グラウト剤の両者の適用範囲が特に限定される事は無い。

【0053】また例えば、前記した値よりも高濃度に有機酸を含有してなる細砂地盤及び/または礫質地盤に於いては、本発明の地盤固結改良剤を混和させる前に、または、本発明の懸濁型グラウト剤を加圧注入させる前に、希薄な水酸化ナトリウム溶液等で代表される公知のフミン質有機酸溶脱作用を持つアルカリ希薄溶液を事前に注入して該有機酸塩を地盤改良対象域外に広く流出拡散・低濃度化させる方法、またはアルカリ希薄溶液を注入し適宜くみあげて除去・低濃度化する前処理方法などで、その対象地盤が前記範囲内の性質に改善されてなる改質地盤は好ましく包含される。

【0054】また例えば、前記した値よりも高いカルシウム陽イオン吸着交換能力を持つ細砂地盤及び/または礫質地盤に際し、予め、事前に消石灰飽和溶液や海水などを浸透注入させ、地盤の持つ陽イオン吸着交換能力を飽和・減少せしめる等の前処理を行う事で前記要件を満たす改質地盤も好ましく包含するものである。

【0055】本発明の地盤固結改良剤には具体的に以下

の2つの態様が包含される。

【0056】その一つは、先に示したように、基本的に下記の(a)または(b)であるメタカオリン含有水硬性微粒子(i) [以下の記載では単にメタカオリン含有水硬性微粒子(i)と総称する。]の30~85重量%、微粒子状の消石灰(ロ)の10~50重量%、重硫酸塩、重亜硫酸塩、亜硫酸塩、チオ硫酸塩、過硫酸塩、硫酸アルカリ金属塩、硫酸アルカリ土類金属塩からなる群から選ばれた1種または2種以上からなる水溶性硫酸塩(ハ)の3~20重量%、及び炭酸アルカリ金属塩(ニ)及び/または固形かんすい(ホ)の0.1~12重量%とを含有する地盤固結改良剤-1である。

【0057】(a)メタカオリン微粒子の単独からなるメタカオリン含有水硬性微粒子

(b)メタカオリン微粒子と、水砕スラグ微粒子、フライアッシュ微粒子、セメント微粒子からなる群から選ばれた少なくとも1種または2種以上のボゾラン反応性微粒子を混合使用してなり、メタカオリン微粒子：ボゾラン反応性微粒子で表される混和比率が(100:1)~(1:100)の範囲にあるメタカオリン含有水硬性微粒子

【0058】地盤固結改良剤-1は長い葉液ライフを持ちその一方で高速地盤固結信頼性の性質を兼備している本発明の地盤固結改良剤の1種である。

【0059】なお、以下の記載では重硫酸塩、重亜硫酸塩、亜硫酸塩、チオ硫酸塩、過硫酸塩、硫酸アルカリ金属塩、硫酸アルカリ土類金属塩からなる群から選ばれた1種または2種以上からなる水溶性硫酸塩(ハ)を単に一括して水溶性硫酸塩(ハ)と総称する事がある。

【0060】ところで、前記中、ボゾラン反応性微粒子と定義した物には、水砕スラグ微粒子、フライアッシュ微粒子、セメント微粒子が挙げられ、それらを一括総称する言葉として用いた。以下の記載でも同様である。

【0061】またその一つは、先に示したように、基本的にメタカオリン含有水硬性微粒子(i)の30~85重量%と、微粒子状の消石灰(ロ)の10~50重量%と、水溶性硫酸塩(ハ)の3~20重量%と、炭酸アルカリ金属塩(ニ)及び/または固形かんすい(ホ)の0.1~12重量%と、更に0.001~1重量%水溶液から求められた分子の慣性二乗半径が低くとも200オングストローム以上である水溶性有機高分子系の分散助剤(ヘ)の0.1~5重量%とを含有する地盤固結改良剤-2である。地盤固結改良剤-2は地盤固結改良剤-1に比較してホモゲル塊生成時のブリージング水発生率をきわめて低くする事が出来る利点を持つ。

【0062】なお、以下の記載では、地盤固結改良剤-1、地盤固結改良剤-2とを一括して単に粉体組成物(θ)または地盤固結改良剤と呼ぶことがある。

【0063】本発明の地盤固結改良剤では、このましくは主剤成分の一つであるメタカオリン含有水硬性微粒子

(イ)のブレーン値としては0.35m<sup>2</sup>/g以上が良く、より好ましくは0.35~50m<sup>2</sup>/gが良い。またメタカオリン含有水硬性微粒子(i)の粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径としては250μm以下が良く、より好ましくは30μm以下とする事が良い。

【0064】また、本発明の地盤固結改良剤は水に懸濁させてなる組成物も好ましく包含され、水/[ (イ) + (ロ) ]で表される重量比が0.5~5の範囲、好ましくは1~5の範囲となる様に水で事前に懸濁させた地盤固結改良剤の態様はおおいに好ましいと言える。

【0065】本発明の懸濁型グラウト剤には具体的に以下の2つの態様が包含される。

【0066】すなわち、その一つとして、前記地盤固結改良剤-1を水に懸濁化されてなり、かつ(イ)成分が特に以下の(α)であり、(ロ)成分が特に以下の(β)によって形成されている懸濁型グラウト剤-1である。

【0067】懸濁型グラウト剤-1はおよそ0.1~300時間の範囲で任意な非流動化時間(以下の記載では葉液ライフまたは液ライフと呼ぶ事がある。)特性ならびに低粘度高流動性の性質をあわせ持ち、地盤中への高速浸透作業性に優れる。また更に地盤中に注入されると少なくとも数日以内には該地盤が25N/cm<sup>2</sup>以上に固結され、10~30日以内にはほぼ最終到達強度となる特性を有しており、地盤固結信頼性に極めて優れ、かつホモゲル塊生成時の耐ブリージング性に富む懸濁型グラウト剤である。

【0068】またその一つとしては、前記地盤固結改良剤-2を水に懸濁化されてなり、かつ(イ)成分が特に以下の(α)であり、(ロ)成分が特に以下の(β)によって形成されている懸濁型グラウト剤-2がある。

【0069】懸濁型グラウト剤-2はおよそ0.1~3,000時間の範囲で任意な葉液ライフ調製が可能と言う特徴を持つ。また低粘度高流動性の性質を合せ持ち、従って地盤中への高速浸透作業性に優れる。また更に地盤中に注入されると少なくとも数日以内には該地盤が25N/cm<sup>2</sup>以上に固結され、10~30日以内にはほぼ最終到達強度となる特性を有しており、急速地盤固結信頼性に極めて優れ、かつサンドゲル塊形成時ならびにホモゲル塊生成時の耐ブリージング性に富む懸濁型グラウト剤である。

【0070】前記(α)とは粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が30μm以下または比表面積が0.9~50m<sup>2</sup>/gにある前記(a)または(b)のメタカオリン含有水硬性微粒子である。

【0071】また前記(β)とは粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が30μm以下または比表面積が0.9~50m<sup>2</sup>/gにある消石灰微粒子である。

【0072】言い換えると、本発明の懸濁型グラウト剤-1とは、水を除いた構成比率で、(α)の35~85



重量%と(β)の10~50重量%と水溶性硫酸塩

(ハ)の5~20重量%及び炭酸アルカリ金属塩(ニ)及び/または固形かんすい(ホ)の0.1~12重量%とを含有してなる組成物(x)を水で懸濁させてなる懸濁グラウト組成物と言い換える事が出来る。

【0073】また前記懸濁型グラウト剤-2とは水を除いた構成比率で、(α)の35~85重量%と(β)の10~50重量%と水溶性硫酸塩(ハ)の3~20重量%と炭酸アルカリ金属塩(ニ)及び/または固形かんすい(ホ)の0.1~12重量%及び分散助剤(ヘ)の0.1~5重量%とを含有してなる組成物(y)を水で懸濁させてなる懸濁グラウト組成物と言い換える事が出来る。

【0074】以下の記載では懸濁型グラウト剤-1および懸濁型グラウト剤-2を一括して単に懸濁型グラウト剤と呼ぶことがある。

【0075】ところで前記した粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が、例えば250μm以下とは、公知の粒度分布測定によって作成された粒径加積曲線の95重量%加積粒子径値(以下の記載では単に95重量%粒子径と呼び、記号はd<sub>95</sub>で表わす事がある。)に該当する粒子サイズ(μm:ミクロン)で表され、一般的に95重量%の粒子の全てが250μmを下まわる事を意味するものである。

【0076】また、本発明の地盤固結改良剤では粉末組成物(θ)であったり、またその粉末組成物(θ)を水で懸濁化させてなる懸濁組成物のいずれかであっても良いことはすでに述べた。

【0077】また、一部の構成成分を固体で取り扱い、現場で他の溶液型の必須成分とを混合し、懸濁状態とした地盤固結改良剤であっても良く、任意の形態をとって良い。

【0078】すなわち、メタカオリン含有水硬性微粒子(イ)と消石灰(ロ)と水溶性硫酸塩(ハ)と炭酸アルカリ金属塩(ニ)及び/または固形かんすい(ホ)と、その地盤固結改良剤の機能発現上の必要性に応じて更に分散助剤(ヘ)を含有させた粉末組成物(θ)や、その組成物(θ)を水に懸濁させてなるいわゆる水懸濁組成物であっても本発明の地盤固結改良剤として広く包含されるということである。

【0079】また本発明の地盤固結改良剤や本発明の懸濁型グラウト剤では、構成成分の要件に関わる粒子サイズやその分布状態ならびに比表面積等に関する記載値は、光散乱式粒度分布測定器の使用によるものである。

【0080】また比表面積値を事前に求める方法としては、例えばコンクリート協会が推奨する空気を用いたセル通気法やその他窒素や他の不活性ガスを用いたセル通気法等のいずれかの方法で求める方法が例示出来る。

【0081】次に、本発明の地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤を構成する上で欠かせない成分に関し、よ

り詳しく記述する。

【0082】まず、メタカオリン含有水硬性微粒子は前記(a)または(b)とする事でよく、特に好ましくは(b)とする態様が好ましい。

【0083】その(b)としては、メタカオリン微粒子:ボゾラン反応性微粒子で表される重量比が(100:1)~(1:100)の範囲、より好ましくは(100:1)~(5:100)の範囲とする事がより好ましい。その理由は固結信頼性及び無収縮サンドゲル固結体形成の点で優れるからである。

【0084】メタカオリン含有水硬性微粒子(イ)の好ましい粒子サイズとしては、特に制約は無いが、粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が250μm以下または比表面積が0.35~50m<sup>2</sup>/gの範囲、より好ましくは95重量%粒子径が30μm以下でかつ比表面積が0.9~40m<sup>2</sup>/gの範囲の物を選定使用すると良い。特に好ましくはその硬化活性の点から、粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が15μm以下でかつ比表面積が1~40m<sup>2</sup>/gの範囲とすることが最も良い。

【0085】また前記ボゾラン反応性粒子の好ましい粒子サイズとしては、特に制約は無いが、好ましくはメタカオリン含有水硬性微粒子の場合と全く同様である。

【0086】すなわち、ボゾラン反応性粒子として好ましくは粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が250μm以下または比表面積が0.35~50m<sup>2</sup>/gの範囲、より好ましくは95重量%粒子径が30μm以下でかつ比表面積が0.9~50m<sup>2</sup>/gの範囲、最も好ましくは95重量%粒子径が15μm以下でかつ比表面積が1~40m<sup>2</sup>/gの範囲のものを選定使用することが最も好ましい。

【0087】要はメタカオリン微粒子とボゾラン反応性粒子の両方を含有してなるメタカオリン含有水硬性微粒子が前記要件を満足している事であれば好ましく採用できる。

【0088】また本発明の懸濁型グラウト剤では、メタカオリン含有水硬性微粒子(イ)が前記(α)とする事が肝要な点として挙げられる。(α)の要件を満たさない(イ)の使用では得られる懸濁型グラウト剤が高速浸透注入作業性に著しくかけるからである。

【0089】メタカオリン微粒子(a)としては、一般には、天然に産するカオリナイト鉱物(別名:カオリンともいう)を600℃で脱水焼成してなるアモルファス状のメタ珪酸アルミネートの微粒子粉で代表され、すでに公知の方法で得たものとして良く、特に制約は無い。SiO<sub>2</sub>分として40~55重量%、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>分として35~45重量%の組成比で構成された非晶質メタカオリン微粒子が特に好ましいメタカオリン微粒子(a)の具体例として挙げられる。

【0090】水砕スラグ微粒子としては、例えば鋼炉水砕スラグ、転炉水砕スラグ、電炉水砕スラグ、平炉水砕

スラグ等に代表される金属精練副産物の1種または2種以上からなる潜在水硬性微粒子が具体例として挙げられる。その中でも特に好ましい水砕スラグ微粒子としては、日本工業規格・JIS-R-5202で規定された「ポルトランドセメントの化学分析法」に準じた測定結果で表され、 $\text{SiO}_2$ 分として30～35重量%、 $\text{CaO}$ 分として35～45重量%、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 分として13～20重量%、 $\text{MgO}$ 分として5～8重量%、その他の成分を数重量%含む組成比で構成され、 $(\text{CaO}+\text{MgO}+\text{Al}_2\text{O}_3)/\text{SiO}_2$ で表される塩基度が1.7～2.1の範囲にある高炉水砕スラグを選定使用する事が特に好ましい。

【0091】フライアッシュ微粒子としては、化石燃料を燃焼させて得られる非晶質な残査成分であれば良く、特に制約は無い。

【0092】また、セメント微粒子に関してはすでに公知の物としてよく、特に制約は無いが、具体例をあげると例えばポルトランドセメント、高炉セメント、無収縮セメントなどが挙げられ、それらの1種または2種以上とすることで良い。

【0093】ところで、本発明の地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤中に使用できるメタカオリン含有水硬性微粒子(イ)の含有割合としては、水を除いた構成割合で30～85重量%の範囲で用いる事が最も一般的である。より好ましくは35～85重量%の範囲、より最も好ましくは40～85重量%の範囲とする事が良い。30重量%未満の(イ)の使用では凝結性が極めて緩慢で最終的な固結体の強度が低く実用性にとばしいからである。また一方、85重量%を超える(イ)の使用ではその組成物の硬化活性がかえって低下する事からである。

【0094】本発明の地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤を構成する上で更に欠かせない一成分には微粒子状の消石灰(ロ)が挙げられる。

【0095】消石灰(ロ)はメタカオリン含有水硬性微粒子の水硬性を発現させる刺激物質として、ならびに地盤中で急速かつ高強度な固結体を与えることが出来る以下の、珪酸カルシウム水和結晶、珪酸アルミネート水和結晶、カルシウムアルミネート水和結晶、モノサルフェート水和結晶、エトリンガイト等の地盤強化安定に有効な水和結晶体の成長をうながす上で欠かせない。またカルシウムイオンの供給源としても本発明の地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤の構成成分として必須な成分の一つである。

【0096】本発明の地盤固結改良剤では微粒子状の消石灰(ロ)に関わる要件として、特に制約は無いが、より好ましくは粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が $250\mu\text{m}$ 以下または比表面積が $0.35\sim 50\text{m}^2/\text{g}$ の範囲にあることが良い。

【0097】本発明の懸濁型グラウト剤では微粒子状の

消石灰(ロ)に関わる必須要件として粒径加積曲線上に於ける95重量%粒子径が $30\mu\text{m}$ 以下でかつ比表面積が $0.9\sim 50\text{m}^2/\text{g}$ の範囲にあることが肝要な点であり、すなわち、(ロ)としては特に(β)を選定使用する事が肝要な点として挙げられる。

【0098】消石灰(ロ)成分はその製造方法や粉碎方法等によって特に制約は受ける事は無く、広く公知の方法で製造されたものの中から前記要件に合致する物を選定使用する事で良い。例えば、一般ゴミの焼却ガス中の有害塩素系ガス吸着剤用に開発または市販されている超微粒子の消石灰製品群をそのまま(β)として充てて良い。また(ロ)としてより好ましくは、95重量%粒子径( $d_{95}$ )が $10\mu\text{m}$ 以下でかつ比表面積が $2\sim 40\text{m}^2/\text{g}$ の範囲にある物とする事はおおいに好ましい。

【0099】また本発明記載の消石灰(ロ)または消石灰(β)では、その純度にも特に制約は無く、例えば数十重量%以内で生石灰成分を含有するものであっても好ましく包含される。その理由は生石灰は水と合うと直ちに消石灰が誘導されることが公知である事からであり、生石灰が不純物として内包するものであってもその本質的な作用効果に支障が生じないことが明らかであるからである。

【0100】すなわち、本発明記載の消石灰(ロ)または消石灰(β)としてはその一部または全モル数を微粒子状の生石灰で代替してなる地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤組成物は、その基本構成要件が何等変わらないと見なす事が出来ることから好ましく包含されるものである。

【0101】本発明の地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤では、消石灰(ロ)の使用量として、水を除いた構成割合で10～50重量%の範囲、好ましくは15～50重量%の範囲、より好ましくは20～50重量%の範囲とする事が良く、消石灰(ロ)/ベントナイト含有水硬性微粒子(イ)の比が0.1～5の範囲、好ましくは0.1～2の範囲、特に好ましくは0.1～1の範囲とする事が良い。10重量%未満の配合量では地盤の固結強度が低く耐久性に欠けるからであり、一方、50重量%を超えての使用では、それ以上増量しても特に顕著な効果が見出せないばかりか高コストとなるからである。

【0102】本発明の地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤では、特に制約するものではないが、水に懸濁させる際の水の使用量は水/[メタカオリン含有水硬性微粒子(イ)+消石灰(ロ)]で表される重量比率で0.5～5の範囲とする事が好ましい、より好ましくは1～5の範囲、より更に好ましくは1～4の範囲とする事が良い。

【0103】また本発明の地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤ではメタカオリン含有水硬性微粒子(イ)と消石灰(ロ)とは事前にドライブレンドされ、地盤改良

現場に供給され、現場で所定量の水溶性硫酸塩（ハ）や炭酸アルカリ金属塩（ニ）及び／または固形かんすい（ホ）や分散助剤（ヘ）を加え、また更に水で懸濁させて成る本発明の地盤固結改良剤または本発明の懸濁型グラウト剤を調製して良く、その調製方法等には制約は無い。

【0104】また、メタカオリン含有水硬性微粒子（イ）の微粉末と消石灰（ロ）の微粉末とは事前にドライブレンドされ、地盤改良現場に供給され、現場で所定量の分散助剤（ヘ）、水溶性硫酸塩（ハ）、炭酸アルカリ金属塩（ニ）及び／または固形かんすい（ホ）と更に必要量の水を加えて本発明の地盤固結改良剤や懸濁型グラウト剤を適宜調整して良い。

【0105】次に、本発明の地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤を構成する上で必須な成分である重硫酸塩、重亜硫酸塩、亜硫酸塩、チオ硫酸塩、過硫酸塩、硫酸アルカリ金属塩、硫酸アルカリ土類金属塩からなる群から選ばれた1種または2種以上からなる水溶性硫酸塩（ハ）、炭酸アルカリ金属塩（ニ）、固形かんすい（ホ）について説明する。

【0106】本発明の地盤固結改良剤に於いては、水溶性硫酸塩（ハ）の適性配合量としては、水を除いた構成割合で、3～20重量%の範囲、より好ましくは5～20重量%の範囲、最も好ましくは7.5～20重量%の範囲とすることが良い。3重量%未満では地盤に十分信頼性に富む急速固結性並びに固結信頼性や耐久性を引出しづらいからであり、また20重量%以上の使用ではその作用効果と総コストとのバランスで不経済であるからである。

【0107】本発明の懸濁型グラウト剤に於いては、水溶性硫酸塩（ハ）の適性配合量としては、水を除いた構成割合で、3～20重量%の範囲、より好ましくは5～20重量%の範囲、最も好ましくは7.5～20重量%の範囲とすることが良い。3重量%未満では地盤に十分信頼性に富む急速固結性並びに固結信頼性や耐久性を引出しづらいからであり、また20重量%以上の使用ではその作用効果と総コストとのバランスで不経済であるからである。

【0108】重硫酸塩としてはすでに公知の化合物としてよく、特に制約は無い。例えば重硫酸ナトリウム、重硫酸カリウム、重硫酸リチウム、重硫酸アンモニウム等が例として挙げられ、それらの無水物及び／または含水塩として良い。またそれらの1種または2種以上を併用使用しても何等問題無い。特に好ましい重硫酸塩の例は重硫酸ナトリウム及び／または重硫酸カリウムである。

【0109】重亜硫酸塩としてはすでに公知の化合物としてよく、特に制約は無い。例えば重亜硫酸ナトリウム、重亜硫酸カリウム、重亜硫酸リチウム、重亜硫酸アンモニウム等が例として挙げられ、それらの無水物及び／または含水塩として良い。またそれらの1種または2

種以上を併用使用しても何等問題無い。特に好ましい重亜硫酸塩の例としては重亜硫酸ナトリウム及び／または重亜硫酸カリウムである。

【0110】亜硫酸塩としてはすでに公知の化合物としてよく、特に制約は無い。例えば亜硫酸ナトリウム、亜硫酸カリウム、亜硫酸リチウム、亜硫酸アンモニウム等が例として挙げられ、それらの無水物及び／または含水塩として良い。またそれらの1種または2種以上を併用使用しても何等問題無い。特に好ましい亜硫酸塩の例としては亜硫酸ナトリウム及び／または亜硫酸カリウムである。

【0111】チオ硫酸塩としてはすでに公知の化合物としてよく、特に制約は無い。例えばチオ硫酸ナトリウム、チオ硫酸カリウム、チオ硫酸リチウム、チオ硫酸アンモニウム等が例として挙げられ、それらの無水物及び／または含水塩として良い。またそれらの1種または2種以上を併用使用しても何等問題無い。特に好ましいチオ硫酸塩の例としてはチオ硫酸ナトリウム及び／またはチオ硫酸カリウムである。

【0112】過硫酸塩としてはすでに公知の化合物としてよく、特に制約は無い。例えば過硫酸ナトリウム、過硫酸カリウム、過硫酸リチウム、過硫酸アンモニウム等が例として挙げられ、それらの無水物及び／または含水塩として良い。またそれらの1種または2種以上を併用使用しても何等問題無い。特に好ましい過硫酸塩の例としては過硫酸ナトリウム及び／または過硫酸カリウムである。

【0113】硫酸アルカリ金属塩としてはすでに公知の化合物としてよく、特に制約は無い。例えば、硫酸ナトリウム、硫酸カリウム、硫酸ナトリウムカリウム、硫酸リチウム、硫酸リチウムナトリウム、硫酸リチウムカリウム、硫酸ナトリウムアルミニウム、硫酸カリウムアルミニウム、硫酸リチウムアルミニウム、硫酸ナトリウムマグネシウム、硫酸カリウムマグネシウム、硫酸リチウムマグネシウム等が好ましく挙げられ、それらの無水物及び／または含水塩であって良い。またそれらの1種または2種以上からなる混合物であってても良い。より好ましい硫酸アルカリ金属塩としては硫酸ナトリウム及び／または硫酸カリウムが良い。

【0114】またその硫酸ナトリウムには、例えば無水硫酸ナトリウム、硫酸ナトリウムの一水塩、硫酸ナトリウムの12水塩などがすでに公知であり、そのいずれか1種または2種以上の混合物であってても何等問題無い。特に硫酸ナトリウムの12水塩は別名ボウ硝といわれ、広く天然に存在していて環境負荷が小さいことから大いに好ましい例である。

【0115】硫酸アルカリ土類金属塩としてはすでに公知の化合物としてよく、特に制約は無い。例えば、硫酸カルシウム、硫酸マグネシウム、硫酸アルミニウム等が例示出来、それらの無水物及び／または含水塩であって

良い。

【0116】水溶性硫酸塩（ハ）としては前記中、特に硫酸アルカリ金属塩の単独を使用する態様がよい。また更に好ましくはその硫酸アルカリ金属塩としては硫酸ナトリウム及び／または硫酸カリウムとする事が良く、より好ましくは硫酸ナトリウムの単独とする事がおおいに好ましい事である。

【0117】本発明の地盤固結改良剤または本発明の懸濁型グラウト剤では、炭酸アルカリ金属塩（ニ）の適性配合量としては、水を除いた構成割合で、0.1～12重量%の範囲、より好ましくは0.5～12重量%の範囲、最も好ましくは1～10重量%の範囲とすることが良い。0.1重量%未満ではブリージング率を低くする事に限界があるからであり、また12重量%以上の使用ではあまりにも葉液ライフが短くなりすぎる為である。

【0118】炭酸アルカリ金属塩（ニ）としては、炭酸ナトリウム、炭酸カリウム、炭酸ナトリウムカリウム及び炭酸リチウム等の無水物またはそれらの含水塩を具体的に例示出来、それらの1種または2種以上からなる混合物として良い。より好ましい炭酸アルカリ金属塩（ニ）として炭酸ナトリウムの単独とする態様がよい。

【0119】固形かんすい（ホ）はすでに公知の物とすることでよく、特に制約は無い。より具体的には前記炭酸ナトリウムと炭酸カリウムと極少量の第2及び／または第3燐酸アルカリ金属塩類との混合物が代表的な例であり、なかでも麵類の風味調節剤として認知されている該組成物や炭酸ナトリウム含有率が富む該組成物群を選定使用する事が好ましい。

【0120】固形かんすい（ホ）の最適使用量は本発明の地盤固結改良剤中または本発明の懸濁型グラウト剤中に0.1～12重量%の範囲、より好ましくは0.5～12重量%の範囲とする事が好ましい。特に好ましくは、固形かんすい（ホ）+炭酸アルカリ金属塩（ニ）の総和量として、水を除いた構成割合で0.1～12重量%の範囲、より好ましくは0.5～12重量%の範囲、最も好ましくは1～12重量%の範囲とすることがより最も好ましい事である。なお、0.1重量%未満とするとブリージング率を低くする事に限界があるからであり、また12重量%以上の使用ではあまりにも葉液ライフが短くなりすぎる為である。

【0121】固形かんすい（ホ）は事前に水に溶解させた固形かんすい濃厚水溶液の形で扱ってよく、その際は固形分換算の使用割合を前記範囲内とする事が肝要である。

【0122】次に、本発明の地盤固結改良剤-2や懸濁型グラウト剤-2を構成する上で必要な成分として分散剤（ヘ）成分があげられる。

【0123】その分散剤（ヘ）自体の必須要件としては、0.001～1重量%水溶液から求められた分子の

慣性二乗半径が低くとも200オングストローム以上と高い水溶性有機高分子系の分散剤を使用する事である。より更に好ましくは（ヘ）の慣性二乗半径が200～2,000オングストロームの範囲、最も好ましくは500～2,000オングストロームの範囲にある事が最も好ましい。

【0124】前記分散剤（ヘ）としては、特に制約する物では無いが、例えば、希薄な該水溶液中に於いてその自由占有面積（溶液中での嵩高さ）を表すひとつの指標である分子の慣性二乗半径が低くとも200オングストローム以上ある以下のいわゆるセメント用減水剤が代表的な具体例として挙げられる。

【0125】そのセメント用減水剤には、例えばナフタレンスルホン酸ホルムアルデヒド縮合誘導体やそれらのアルカリ塩類等で代表されるいわゆるナフタレン系減水剤、リグニンスルホン酸ホルムアルデヒド縮合誘導体等やそれらのアルカリ塩類で代表されるいわゆるリグニン系減水剤、水溶性ポリカルボン酸化合物やそれらのアルカリ塩類で代表されるいわゆるポリカルボン酸系減水剤、水溶性メラミンスルファミン酸ホルムアルデヒド縮合物やそれらのアルカリ塩類等で代表されるいわゆるメラミンスルファミン酸系減水剤、水溶性メラミンスルホン酸ホルムアルデヒド縮合物やそれらのアルカリ塩類等で代表されるいわゆるメラミン系減水剤、水溶性アルキレングリコールモノアミン付加変性メラミンスルホン酸ホルムアルデヒド縮合物やそれらのアルカリ塩類等で代表されるいわゆる変性メラミン系減水剤等を例示出来、それらの1種または2種以上を併用使用して良い。

【0126】また更に、前記した化合物群の中から、0.001～1重量%水溶液から求められた分子の慣性二乗半径が200オングストローム以上、好ましくは200～2,000オングストロームの範囲にあるセメント用減水剤を選択し本発明記載の分散剤（ヘ）として選定使用する事は大いに好ましい。特に最も好ましくは、前記要件と共にその重量平均分子量が1×104乗（1万）～1×106乗（100万）の範囲にある（ヘ）を選定使用する事は特に好ましい。

【0127】本発明記載の分散剤（ヘ）のより更に好ましい物としては、0.001～1重量%の水溶液から求められた分子の慣性二乗半径が500～2,000オングストロームにある水溶性ポリカルボン酸系高分子化合物やそれらのアルカリ塩類の1種とする事が特に最も好ましい。

【0128】ところで、本発明記載の分散剤（ヘ）として0.001～1重量%水溶液から求められた分子の慣性二乗半径が200オングストローム未満の物を選定使用した場合、得られる地盤固結改良剤-2または懸濁型グラウト剤-2の溶液流動性及び懸濁粒子の1次分散安定性等に欠ける傾向にある。

【0129】すなわち、0.001～1重量%水溶液か

10

20

30

40

50

ら求められた分子の慣性二乗半径が200オングストローム未満の(へ)の使用では、その使用割合を高めても、十分な現場1次分散性を確保できないケースがある。

【0130】本発明の地盤固結改良剤-2または懸濁型グラウト剤-2では分散助剤(へ)の最適使用量として、水を除いた構成比率で組成物中に0.1~5重量%の範囲、より好ましくは0.1~3重量%の範囲とする事が好ましい。0.1重量%以下の使用では水懸濁組成物を調製する際、懸濁化粒子1次分散性を十分確保しず

らいからであり、また5重量%以上使用してもその使用割合の割に効果が期待されない傾向にあるからである。

【0131】分散助剤(へ)は室温で固体またはあらかじめ水に溶解してなる濃厚溶液等であって良く、それ自体の取扱形態等の違いや使用割合で本発明は何等制約は受けない。

【0132】本発明の地盤固結改良剤を事前に水で懸濁させる際には、水/(メタカオリン含有水硬性微粒子+消石灰)で表される重量比で0.5~5の範囲、消石灰/(メタカオリン含有水硬性微粒子)で表される重量比

で0.1~1の範囲、分散助剤の含有濃度が地盤固結改良剤中に0.1~0.85重量%の範囲と成る様にし、1液または2液型の懸濁溶液とする事が好ましい態様である。

【0133】また本発明の地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤では、メタカオリン含有水硬性微粒子(イ)と消石灰(ロ)と水溶性硫酸塩(ハ)と炭酸アルカリ金属塩(ニ)及び/または固形かんすい(ホ)とを事前に一括ドライブレンドした固体組成物を1バック包装して現場供給されて良い。長期間保管する場合などに適する。

【0134】またその際、固形粉末状の分散助剤(へ)を更に含めることも何ら問題無いことである。

【0135】1バック包装の際に使用される包装材料には特に制約は無く、例えば紙袋、ポリ袋、アルミラミネート袋、金属製容器などその材質や形は任意であって良い。好ましくはポリ袋内袋型の紙袋またはアルミラミネート袋のいずれかとする事が好ましい。

【0136】1バック包装体で供給された該組成物は、作業現場で開封後、所定量の水で溶解/懸濁分散作業を行なうのみで本発明の水に懸濁化されてなる地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤が簡便かつ容易に調整できる。

【0137】事前に1バック包装供給する利点として

は、地盤注入現場での計量配合添加ミス完全に回避できる事があげられる。

【0138】ここで、本発明の地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤の提供意義が地震発生に伴い液状化や滑り破壊や不同沈下等の要因によって重大災害の発生が予想される脆弱な細砂地盤及び/または礫質地盤を高強度

に一体固結させる、いわゆる液状化防止、滑り破壊防止、不同沈下防止等の地盤改良目的にある事から、その観点に立てば事前に1バック包装形態で供給できれば地盤改良現場に於ける配合ミスの回避ははかれる事は明らかである。

【0139】本発明の地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤が本来持っている性質、すなわち砂質土地盤中で表れる急速反応固結性を再現よく発揮させる上でも、前記1バック包装での供給方法は有益である。

【0140】本発明の地盤固結改良剤ではその有効成分を地盤と一体混和し高強度に一体固結させる上で欠かせない成分に水がある。ただし水は対象地盤中に地下水として大量に包含されている時は、あえて地上で水を加えなくともよく、粉状からなる本発明の地盤固結改良剤組成物をそのまま粉体で地盤中に注入・混合させる方法で達成して良い。

【0141】水は注入現場近辺で手に入る物であれば特に制約は無く、例えば河川水、雪、氷、湖水、地下水、湧き水、雨水、水道水、工業用水、海水含有水、イオン交換水、純水などであってよい。好ましくは水道水や地下水や河川の水があげられる。

【0142】本発明の懸濁型グラウト剤に使用される水成分に関しても特に制約は無く、前記したと同様であれば良い。

【0143】本発明の地盤固結改良剤-1ではメタカオリン含有水硬性微粒子(イ)と消石灰(ロ)と水溶性硫酸塩(ハ)及び炭酸アルカリ金属塩(ニ)及び/または固形かんすい(ホ)の各必須成分を必ず含有している組成物とする事が必須要件である。

【0144】本発明の地盤固結改良剤-2ではメタカオリン含有水硬性微粒子(イ)と消石灰(ロ)と水溶性硫酸塩(ハ)と炭酸アルカリ金属塩(ニ)及び/または固形かんすい(ホ)及び分散助剤(へ)の各必須成分を必ず含有している組成物とする事が必須要件である。

【0145】以下にその理由を簡単に記す。

【0146】まず消石灰を含有せず、メタカオリン含有水硬性微粒子と水の2成分からなる組成物ではスラグの水和硬化反応がほとんど観察されない事による。

【0147】次にメタカオリン含有水硬性微粒子を含有せず、消石灰と水の2成分からなる組成物では水和硬化反応が全く観察されないことによる。

【0148】また水溶性硫酸塩を全く含まず、メタカオリン含有水硬性微粒子と消石灰と水の3成分またはメタカオリン含有水硬性微粒子と消石灰と炭酸アルカリ金属塩及び/または固形かんすいと水の4~5成分で構成された組成物等は、本発明の地盤固結改良剤-1と同様に、基本的なメタカオリン含有水硬性微粒子の水和硬化反応が少なからず観察されるが、川砂や海砂と混和された時の硬化活性が極めて緩慢であり、急速固結性と液ライフのバランスに欠けるからである。しかも本発明の解

決すべき課題、(A)～(C)の課題を同時に達成できないからである。

【0149】また炭酸アルカリ金属塩類及び／または固形かんすいを全く含まず、メタカオリン含有水硬性微粒子と消石灰と水溶性硫酸塩と水の4成分で構成された組成物は、本発明の地盤固結改良剤と同様に、基本的なメタカオリン含有水硬性微粒子の水和硬化反応が観察されるが、ホモゲル塊形成時のブリージング水発生率が比較的高い課題が解決されない。

【0150】本発明の地盤固結改良剤-1または本発明の懸濁型グラウト剤-1らは、水に懸濁化されるとその懸濁液の液ライフは0.1時間から300時間の範囲で調製出来る。特に0.1～300時間と長い液ライフを持っている本発明の地盤固結改良剤のケースにおいても一旦地盤中に供給され地盤と一体混和されるとその液ライフに関係無くすばやく固結反応が開始される特徴を持つ。

【0151】また地盤固結改良剤-2または本発明の懸濁型グラウト剤-2らは、それ自体の懸濁液ライフが0.1～3,000時間と任意に設定出来る。その一方、液ライフの大小にあまり左右される事無く砂質土などで代表される細砂と混和されると直ちに高速固結反応する性質を発揮する特徴を持つ。

【0152】本発明の地盤固結改良剤または本発明の懸濁型グラウト剤では必要に応じて以下の(カ)～(シ)に示した各種の添加助剤が、より好ましくは(カ)～(シ)の1種または2種以上からなる添加助剤をその公知の作用効果を期待し、かつ本発明の目的を達成できる範囲内に於いて、適宜併用使用して良い。

【0153】(カ)は、以下に示された磷酸塩類(カ)である。

【0154】その磷酸塩類(カ)の例には、第2及び／または第3アルカリ金属磷酸塩、第2及び／または第3アルカリ土類金属磷酸塩から選ばれた1種または2種以上からなる物が挙げられる。

【0155】第2磷酸アルカリ金属塩には磷酸水素2ナトリウム、磷酸水素2カリウム、磷酸水素2リチウム等の無水物やそれらの含水塩類を例示出来る。また第3磷酸アルカリ金属塩には磷酸3ナトリウム、磷酸3カリウム、磷酸3リチウム等の無水物やそれらの含水塩類を例示出来る。

【0156】第2アルカリ土類金属磷酸塩には磷酸水素カルシウム、磷酸水素マグネシウム等の無水物やそれらの含水塩類を例示出来る。また第3アルカリ土類金属磷酸塩には磷酸カルシウム、磷酸マグネシウム等の無水物やそれらの含水塩類を例示出来る。

【0157】本発明の地盤固結改良剤ではその磷酸塩類(カ)を水に懸濁してなる地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤中に水を除いた割合で0.01～1重量%の範囲で併用使用して良い。

【0158】(キ)としては有機カルシウム塩類(キ)である。例えば、乳酸カルシウム、酒石酸カルシウムなどの公知の水溶性モノカルボン酸及び／または水溶性ジカルボン酸のカルシウム塩類、カルシウムサッカレートで代表される糖のカルシウム錯体等が好ましく例示される。

【0159】本発明の地盤固結改良剤ではその有機カルシウム塩類(キ)を地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤中に水を除いた割合で0.001～0.1重量%の範囲で併用使用して良い。

【0160】また(ク)は1次粒子径が0.01～8μmの範囲にある非水硬性の無機微粒子(ク)があげられる。その非水硬性の無機微粒子(ク)としては例えば、炭酸カルシウム粉末、炭酸マグネシウム粉末、チタンホワイト粉末、水酸化亜鉛粉末、水酸化アルミニウム粉末、水酸化マグネシウム粉末等が挙げられる。非水硬性の無機微粒子(ク)を地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤中に水を除いた割合で0.01～10重量%の範囲で併用使用して良い。

【0161】(ケ)は水自硬性を示す無機微粒子(ケ)である。1次粒子径が0.01～8μmの範囲にある例えば半水石膏、無水石膏等が例示される。それらの水自硬性の無機微粒子(ケ)を地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤中に水を除いた割合で0.01～10重量%の範囲で併用使用して良い。

【0162】(コ)としては有機質なセメント用硬化遅延剤(コ)である。すでに公知の有機質なセメント用硬化遅延剤が挙げられ、特に制約する物では無いが、例えば蔗糖やグラニュー糖やブドウ糖などの単糖類、同二糖類、同多糖類、があり、また例えば、乳酸、リンゴ酸、グリコール酸、イタコン酸、マレイン酸、琥珀酸等の有機酸化合物、また例えば、尿素やシクロデキストリンなどで代表される包接化合物形成剤などがそれぞれ挙げられる。

【0163】水で懸濁化してなる地盤固結改良剤または水を含む懸濁型グラウト剤中に0.001～3重量%の範囲で併用使用して良い。

【0164】また(サ)は界面活性剤である。すでに公知の各種の、カチオン石鹸、アニオン石鹸、両性石鹸、ノニオン石鹸等が例示出来る。また更には水性シリコン化合物、エチレングリコールやグリセリンなどの多価水溶性グリコール類、3,6-ジメチル-4-オクチン-3,6-ジオールや3,5-ジメチル-1-ヘキシン-3-オールで代表されるアセチレンアルコール類系消泡剤も好ましい前記(サ)に含まれる。

【0165】水で懸濁化してなる地盤固結改良剤または水を含む懸濁型グラウト剤中に0.001～0.03重量%の範囲で併用使用して良い。

【0166】また(シ)としては公知の粒子沈降分離軽減剤(シ)があげられ、例えば、メチルセルロースやヒ

ドロキシセルロースや可溶性デンプンやポリビニルアルコール等があげられる。水で懸濁化してなる地盤固結改良剤または水を含む懸濁型グラウト剤中に0.001～0.03重量%の範囲で併用使用して良い。

【0167】本発明の地盤固結改良剤に於いては、基本的に粉体組成物(θ)またはその粉体組成物(θ)を水に懸濁させて1液型または2液型の懸濁組成物として良く、特に制約は無い。水に懸濁させて1液型または2液型の懸濁組成物とする場合は、注入管先端混合(いわゆる2ショット方式)または注入管直前混合(いわゆる1.5ショット方式)または1液注入(いわゆる1ショット工法)などの方法で当該懸濁型組成物を調製と同時に地盤に注入する方法を採る方法が採用出来る。

【0168】その2液の形態には特に制約は無いが、一般的には主剤液として、必要に応じて分散剤(へ)の存在下に、メタカオリン含有水硬性微粒子(イ)と消石灰(ロ)を水に懸濁させてなる懸濁水溶液をあて、もう一方の硬化剤液として水溶性硫酸塩(ハ)と炭酸アルカリ金属塩(ニ)及び/または固形かんすい(ホ)を水に溶解させてなる硬化剤溶液とする態様が一般的に好ましい。

【0169】本発明の地盤固結改良剤では、例えばその懸濁液の液ライフ(非流動化時間またはゲルタイム)を最大3,000時間程度と極めて長くすることは容易に可能であり、かつ、その様に極めて長い液ライフを持つ組成物でありながら豊浦標準砂や1～5号珪砂等で代表される高品質珪砂をはじめとし、本発明記載の対象地盤が混和されるとその時点から直ちに硬化反応が進行し、1～3日以内には該砂などと一体固結する活性を兼備していることが挙げられる。

【0170】そのゆえ、水で1液に懸濁化してなる長い液ライフを持つ本発明の地盤固結改良剤溶液組成物を、地盤投入(注入)現場以外の遠い場所で予め調整し、工事現場にその1液のまま搬送してそのまま供する事ができる点は従来に無い本発明の地盤固結改良剤の性質である。

【0171】すなわち、本発明の地盤固結改良剤の特徴とは「発明が解決しようとする課題」の項で示した(A)～(C)のすべての性質を兼備(満足)する地盤固結改良剤である事が挙げられる。

【0172】本発明の懸濁型グラウト剤では、例えばその懸濁液の液ライフ(非流動化時間またはゲルタイム)をおよそ0.1時間～10日と任意に設定可能な事が特徴であり、かつ、その液ライフにあまり左右されことなく豊浦標準砂や本発明記載の対象地盤が混和されるとその直後から硬化反応が進行し、混和後1～3日以内には該砂などと一体固結する活性を兼備していることが挙げられる。

【0173】そのゆえ、本発明の懸濁型グラウト剤を注入現場以外の遠い場所で予め調整し、工事現場にその1

液化してなる懸濁型グラウト剤を搬送して、そのまま現場注入作業に供する事ができる点は、従来に無い本発明の懸濁型グラウト剤の性質である。

【0174】すなわち、本発明の懸濁型グラウト剤の特徴とは「発明が解決しようとする課題」の項で示した(B)～(F)のすべての性質を兼備(満足)する懸濁型グラウト剤である事が挙げられる。

【0175】本発明の地盤固結改良剤または本発明の懸濁型グラウト剤を使用または調製する際、前記した各構成成分の配合手順や調製方法等には特に制約はない。

【0176】例えば、メタカオリン含有水硬性微粒子(イ)と消石灰(ロ)と水溶性硫酸塩(ハ)と炭酸アルカリ金属塩(ニ)及び/または固形かんすい(ホ)ならびに更に固形の分散剤(へ)等とを、ドライブレンドして調製されてよい。また例えばメタカオリン含有水硬性微粒子(イ)と消石灰(ロ)と必要に応じて更に固形の分散剤(へ)とを必要量の水で懸濁させた液に、更に所定量の水溶性硫酸塩(ハ)と炭酸アルカリ金属塩(ニ)及び/または固形かんすい(ホ)とを追添加して、懸濁1液型地盤固結改良剤としたり、またその逆であったりして良い。

【0177】また前記した様に、メタカオリン含有水硬性微粒子(イ)と消石灰(ロ)と固形の分散剤(へ)と固体の水溶性硫酸塩(ハ)と炭酸アルカリ金属塩(ニ)及び/または固形かんすい(ホ)とをそれぞれ所定量ドライブレンド・1バック包装して貯蔵・搬送・供給された物を、注入または機械混合現場にて開封後、所定量の水にて分散溶解混合させるなどの1液化現地調製法などの態様が好ましく採用できる。

【0178】本発明の地盤改良工法について以下記述する。

【0179】本発明の地盤改良方法とは、1kgの改良対象地盤から抽出されたフミン酸で代表されるフミン質有機酸量として、その全量を中和するのに要した水酸化ナトリウムのミリ当量で表した含有濃度で300ミリ当量未満の高有機酸含有の細砂地盤及び/または礫質地盤、及び/または、100gの改良対象地盤中500ミリ当量未満のカルシウム陽イオン吸着交換能を有する細砂地盤及び/または礫質地盤に対し、本発明の地盤固結改良剤または本発明の懸濁型グラウト剤のいずれかを選定使用し、水に懸濁混和させて該地盤を一体固結させる地盤改良方法である。地盤中の混和攪拌浸透方法としては、すでに公知の機械的混和方法ないし物理的浸透混和方法等、公知の方法を適宜採用して良く、特に制約は無い。

【0180】特に限定制約する物では無いが、一般的には本発明の地盤固結改良剤または本発明の懸濁型グラウト剤のいずれかを大気圧以上100KN/cm<sup>2</sup>(ゲージ圧力)以下の範囲、より好ましくは2.5N～50KN/cm<sup>2</sup>(ゲージ圧力)の範囲の攪拌応力または吐出圧

でもって、地盤と一体混合操作を行って固結させる方法であれば発明の目的に合致した安定した高速固結性が確保された地盤改良工事（作業）が可能である。

【0181】特に好ましい地盤改良方法としては、本発明の懸濁型グラウト剤を1ショット方式または1.5ショット方式または2ショット方式のいずれかの方式で、グラウト注入管を介して地盤中に加圧浸透させ、地盤を一体固結させる方法を挙げることが出来る。

【0182】次に本発明の地盤固結改良剤を使用した連続地中杭または連続地中壁の構築方法とは、1kgの改良対象地盤から抽出されたフミン酸で代表されるフミン質有機酸量として、その全量を中和するのに要した水酸化ナトリウムのミリ当量で表した含有濃度で300ミリ当量未満の高有機酸含有のシルト細砂地盤及び／またはシルト礫質地盤、及び／または、100gの改良対象地盤中500ミリ当量未満のカルシウム陽イオン吸着交換能を有するシルト細砂地盤及び／またはシルト礫質地盤に対し、本発明の地盤固結改良剤を、地中深く下ろされたミキシングロッドの先端部より吐出または流出させ、同ロッドで該地盤と混和させながら徐々に引き上げ、同操作を場所をかえて繰返すことにより、ミキシングロッド周辺の土砂と本発明の地盤固結改良剤とを一体混合させて固結させる事の特徴とする連続地中杭または連続地中壁の構築方法である。

【0183】本発明の地盤固結改良剤を用いた地盤改良用途には前記した以外に、止水を主な目的とする地盤改良用途、岩盤亀裂注入用途に供されて良い。

表1

メタカオリン(略記号)	d <sub>95</sub> ( $\mu\text{m}$ )	ブレン値( $\text{m}^2/\text{g}$ )	焼成温度( $^{\circ}\text{C}$ )
メタカオリン1(M1)	2.7	5.1	750 $^{\circ}\text{C}$
メタカオリン2(M2)	1.5	19.0	600 $^{\circ}\text{C}$

【0190】2. フライアッシュ微粒子(略記号F)  
光学式粒度分布測定器から求めた95%最大粒子径( $d_{95}$ )が5 $\mu\text{m}$ のフライアッシュ微粒子を用いた。

【0191】3. セメント微粒子(略記号P)  
ポルトランドセメントであり、光学式粒度分布測定器から求めた95%最大粒子径( $d_{95}$ )が7 $\mu\text{m}$ 、かつブレン値として0.9 $\text{m}^2/\text{g}$ である超微粒子セメントを選定使用した。

【0192】4. 水砕スラグ微粒子  
表2に示した微粒子状の高炉水砕スラグを使用した。ただし、表2記載の95%最大粒子径( $d_{95}$ )とは光学式※

表2

水砕スラグ種(略記号)	d <sub>95</sub> ( $\mu\text{m}$ )	ブレン値( $\text{m}^2/\text{g}$ )	塩基度
水砕スラグ1(S1)	16.3	0.63	1.90
水砕スラグ2(S2)	4.2	1.49	1.91

【0194】5. 消石灰微粒子  
表3に示した微粒子状の消石灰を使用した。

\*【0184】本発明の懸濁型グラウト剤を用いた地盤改良用途には前記した以外に、止水を主な目的とする地盤改良用途、岩盤亀裂注入用途に供されて良い。

【0185】

【実施例】以下に本発明の実施例、比較例を示すが、本発明は実施例によって何等制約や限定はされない。また、例中の%、部とはそれぞれ重量%、重量部を意味し、L、mLとはリットル、ミリリットルをそれぞれ意味する。

10 【0186】本発明の実施例、比較例として使用するために調整された地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤の配合は表5に示した。表6には有効成分構成比率表を示した。また表7には実施例、比較例の各懸濁組成物をを用いた物性評価結果を示した。

【0187】ところで、本発明の実施例および比較例に於いて使用した原材料は以下の物を用いた。

【0188】1. メタカオリン微粒子

表1に示した微粒子状のメタカオリン1を使用した。ただし、表1記載の95%最大粒子径( $d_{95}$ )とは光学式粒度分布測定器やゼータ電位粒度分布測定器のいずれかで求めた粒径加積曲線の95重量%粒子径を意味する。またブレン値とはコンクリート協会で指定されたセル通気法で求めた比表面積値である。また焼成温度とはカオリナイト鉱物を脱水焼成しメタカオリンに改質した時の焼成温度条件を表す。

【0189】

【表1】

※粒度分布測定器で求めた粒径加積曲線の95重量%粒子径を意味する。またブレン値とはコンクリート協会で指定されたセル通気法で求めた比表面積値である。また塩基度とは日本工業規格(JIS-R-5202;ポルトランドセメントの化学分析法)に準じた元素分析法によってCaO、MgO、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、SiO<sub>2</sub>で表される各成分の含有重量%を測定した後、その値から(CaO+MgO+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)/SiO<sub>2</sub>の重量比を算出し、その算出値を塩基度として表示。

【0193】

【表2】

【0195】この内、消石灰2及び消石灰3は一般ゴミの焼却ガス中の有害塩素系ガス吸着剤用に開発された超



微粒子消石灰製品群の中から選ばれたものであり、消石灰1は汎用の市販微粒子消石灰である。

【0196】また表3中に記載の95%最大粒子径( $d_{95}$ )とは光学式粒度分布測定器で求めた粒径加積曲線の95重量%粒子径を意味する。またブレン値とはコン\*

\*クリート協会で指定されたセル通気法で求めた比表面積値である。

【0197】  
【表3】

表3

消石灰種(略記号)	$d_{95}(\mu m)$	ブレン値( $m^2/g$ )
消石灰1(C1)	55.6	1.7
消石灰2(C2)	10.8	38.0
消石灰3(C3)	8.2	40.0

【0198】6. 分散助剤

表4に示した2種類の分散助剤を使用した。

【0199】ただし、表4中に記載の固形分とは、試料を110℃×30分間強熱乾燥した後、残分の重量%を求めた値であり、重量平均分子量及び慣性二乗半径は試\*

※料を0.01%、0.1%、0.2%の3水準に希釈しGPC(サイズ排除クロマトグラフ)と多角度散乱検出器を接続した計測システムによって導かれた値である。

【0200】  
【表4】

表4

分散助剤種(略記号)	固形分(%)	重量平均分子量	慣性二乗半径( $\text{Å}$ )
分散助剤1(E1)	35	22,000	276
分散助剤2(E2)	30	41,000	840

【0201】7. 水溶性硫酸塩

重硫酸塩の代表例として重硫酸ナトリウム1水塩(試薬品)を、また重亜硫酸塩の代表例として重亜硫酸ナトリウム無水物(試薬品)を用意した。

【0202】亜硫酸塩の代表例として亜硫酸ナトリウム7水塩(試薬品)を、またチオ硫酸塩の代表例としてチオ硫酸ナトリウム複水塩(試薬品)をそれぞれ用意した。

【0203】過硫酸塩としては過硫酸カリウム複水塩(試薬品)と過硫酸ナトリウム複水塩(試薬品)を用意した。

【0204】硫酸アルカリ金属塩としては硫酸ナトリウム無水物〔略記号で(硫酸Na)と称する〕(試薬品)と硫酸ナトリウムカリウム無水物(試薬品)をそれぞれ用意した。また硫酸アルカリ土類金属塩としては硫酸マグネシウム12水塩(試薬品)を用意した。

【0205】8. 炭酸アルカリ金属塩

炭酸アルカリ金属塩としては炭酸ナトリウム〔略記号で(炭酸Na)と称する〕(試薬品の炭酸ナトリウム無水物)を代表使用した。

【0206】9. 固形かんすい

試薬特級の無水炭酸ナトリウムの13.85%と試薬特級の無水炭酸カルシウムの85.87%と試薬特級の磷酸水素2ナトリウム・12水塩の0.28%とからなる混合物固体粉末を使用した。

【0207】10. 砂質土

本発明の実施例または比較例に於いて、サンドゲル強度特性の試験、耐久性試験、大規模注入試験等に供したモデル地盤としては、千葉県鎌倉産の礫質交じりの砂質土〔以下砂質土(I)単に称する〕及び茨城県利根川流域

産の川砂〔以下砂質土(II)と単に称する〕のいずれかを用いた。

【0208】砂質土(I)については、最大粒子径( $d_{99.9}$ )：約5mm、平均粒子径( $d_{50}$ )が約400 $\mu m$ 、フミン質有機酸量：10~15ミリ当量NaOH/kg、カルシウム陽イオン吸着交換能：30~35ミリ当量/100gであった。

【0209】砂質土(II)については、最大粒子径( $d_{99.9}$ )：約2mm、平均粒子径( $d_{50}$ )が約200 $\mu m$ 、フミン質有機酸量：60~65ミリ当量NaOH/kg、カルシウム陽イオン吸着交換能：3~5ミリ当量/100gであった。

【0210】なお、上記フミン質有機酸量とは砂質土と10倍量の1規定水酸化ナトリウム溶液を混合し、1時間加熱下にフミン質有機酸の抽出中和処理を行って後、抽出母液を得て、その母液をフェノールフタレイン指示薬の存在下に1規定塩酸溶液で逆滴定して求めた水酸化ナトリウム消費量のミリ当量数で表した値である。

【0211】いずれの砂質土モデル地盤も本発明の対象地盤として好ましい範囲のものであり、特に砂質土(II)自体はその粒度分布が豊浦標準砂にはば匹敵するものであった。

【0212】また本発明の実施例及び比較例に於いて実施した試験方法については以下の通である。

【0213】初期ローシェアー粘度(以下の記載では単に初期粘度とも言う)

2液を混和した調製直後の懸濁組成物を20℃に保ち、B型粘度計60rpmにて測定した値をローシェアー粘度(初期粘度)とした。

【0214】流動性消失時間

2液を混和した時点を中心に、調製直後の懸濁組成物を静置状態で放置し、ときどき傾斜させて懸濁液の流動性が失われた時点までに要した時間または日数を計測して表示。

#### 【0215】高速浸透作業性試験

300φ×2,000mmの2次元に排水可能な試験容器に砂質土-ⅠⅠを圧密充填して満たし、その中心部にグラウト注入管(単管)を差込み、先端吐出孔が底面から100mmの高さの位置に於いて各例の基本的に主剤液と硬化剤液の2液を混和してなる懸濁組成物を1.5ショット方式で5L/分の注入速度で20秒間注入した。10分放置後に、該注入管を更に上に100mm引き上げて後、調製少なくとも10分以上経過した2液からなる懸濁組成物を1.5ショット方式で10L/分注入速度で10秒間注入した。さらに10分経過後注入管を更に上に100mm引き上げ、調製少なくとも30分以上経過してなる2液混和型の懸濁組成物を1.5ショット方式で20L/分注入速度で5秒間注入した。

【0216】3日養生後に試験容器を解体し、内部の薬液注入分布ならびに注入状況を詳しく観察した。この観察の結果、いわゆる脈状注入・固結部分が無く均一浸透・固結している場合を高速浸透注入作業性があるとして○の記号で、表中に記載した。また前記観察の結果で、脈状注入やグラウト管近傍のみの極めてせまい浸透固結状態が観察された場合は、高速浸透注入作業性が無いと判断し記号×で表中に記載した。

#### 【0217】サンドゲル固結特性

砂質土(Ⅰ)または砂質土(ⅠⅠ)と表5に記載の各懸濁組成物を、砂:懸濁組成物で表される重量比率で285:90の割合で混和し、成型用円筒モールド容器(50mmφ×100mm高さ)に充填放置し、経日の固結挙動を測定した。3日、7日及び28日の養生条件を経て後、脱型し、得られたサンドゲル体を1軸圧縮強度試験に供した。そして単位面積当たりの降伏破壊強度の値を求め、砂質土(Ⅰ)サンドゲルの圧縮破壊強度値をサンドゲル(Ⅰ)強度または砂質土(ⅠⅠ)サンドゲルの圧縮破壊強度値をサンドゲル(ⅠⅠ)強度とした。

#### 【0218】サンドゲル耐久性試験

上記サンドゲル強度と同様な方法で得たサンドゲル(Ⅰ)を、1ヶ月、3ヶ月、6ヶ月、12ヶ月間大過剰の50℃温水中に浸漬させて後、取り出して20℃の時のサンドゲル(Ⅰ)の1軸圧縮強度試験を実施し、調整10日後のサンドゲル(Ⅰ)強度値を100とし、測定値を元の基準値で割って100を掛けた値を強度保持率%とし、その値を耐久性の指標とし、表8に示した。

#### 【0219】ブリージング水発生率測定試験

懸濁組成物からそのホモゲル塊を生成させる際に発生したブリージング水体积を元の懸濁組成物の体積で割った値に更に100をかけた値をもってブリージング率(%)とした。

【0220】以下の表5～表7に示した実施例1～実施例20は本発明の地盤固結改良剤に関わる例であるが、実施例3～実施例6と実施例9と更に実施例11～実施例12の水に懸濁化してなる組成物は本発明の懸濁グラウト組成物の実施例を兼ねるものである。

#### 【0221】実施例1

表5に示す様に、メタカオリン微粒子(M1)の100部と水砕スラグ微粒子(S2)の200部と消石灰微粒子(C1)の100部と水道水の492部とから組成物を主剤液とし、一方、硫酸ナトリウムの50部と炭酸ナトリウムの20部とを水道水の223部に完全に溶解してなる硬化剤溶液を調整後、主剤液:硬化剤液の容量比率で3:1の割合で混和してなる2液混合型の懸濁組成物(KG1)を調整した。KG1のローシェアー粘度特性、流動消失時間、高速浸透作業性試験、サンドゲル固結特性試験を行って、その結果を表7に示した。なお、表6には水を除いた各有効成分の構成割合を示した。

【0222】実施例1の懸濁組成物(KG1)の1日室温養生後のサンドゲル(Ⅰ)固結体は50N/cm<sup>2</sup>の圧縮負荷では破壊がみとめられず、111N/cm<sup>2</sup>と高い1軸圧縮強度を示した。KG1の3日室温養生後のサンドゲル(Ⅰ)固結体は200N/cm<sup>2</sup>の圧縮負荷では破壊がみとめられず、260N/cm<sup>2</sup>と高い1軸圧縮強度を示した。最高到達強度は平均480～500N/cm<sup>2</sup>と高く、その値は非液状化防止目的の改良地盤強度として十分高い高品質な地盤固結強度となっていた。

#### 【0223】実施例2～8

表5に記載の実施例2～実施例8の配合表に従い、実施例1と同様な手順で、主剤液:硬化剤液の容量比率で1:1または3:1の割合で混和してなる2液混合型の懸濁組成物〔(実施例2;KG2)～(実施例8;KG8)〕を調整した。そしてローシェアー粘度特性、流動消失時間、高速浸透作業性試験、サンドゲル固結特性試験をそれぞれ行って、その結果を表7に示した。

【0224】実施例2～実施例8の各懸濁組成物〔(KG2)～(KG8)〕の各3日室温養生後のサンドゲル固結体はそのいずれの例に於いても30N/cm<sup>2</sup>以上の圧縮強度を示す事が判明した。

【0225】また(KG2)～(KG8)の各懸濁組成物の非流動化時間は0.2～45時間の範囲にあり単独で緩結～長結性の性質を示した。

【0226】また(KG2)～(KG8)の各懸濁組成物のホモゲル塊生成時のブリージング水発生率は0～31%の範囲にあり耐ブリージング性に富む性質を示した。

【0227】なお、実施例1～実施例8の各懸濁組成物群はいずれも地盤固結改良剤としてすぐれており、広く当業界に通用することが明らかであった。

#### 【0228】実施例9

表5に示す様に、メタカオリン微粒子(M1)の100部と水砕スラグ微粒子(S2)の200部と消石灰微粒子(C1)の100部と分散助剤2の10部及び水道水の482部とから組成物を主剤液とし、一方、硫酸ナトリウムの50部と炭酸ナトリウムの20部とを水道水の223部に完全に溶解してなる硬化剤溶液を調整後、主剤液：硬化剤液の容量比率で3：1の割合で混和してなる2液混合型の懸濁組成物(KG9)を調整した。KG9のローシェアー粘度特性、流動消失時間、高速浸透作業性試験、サンドゲル固結特性試験を行って、その結果を表7に示した。なお、表6には水を除いた各有効成分の構成割合を示した。

【0229】実施例9の懸濁組成物(KG9)の1日室温養生後のサンドゲル(I)固結体は50N/cm<sup>2</sup>の圧縮負荷では破壊がみとめられず、97N/cm<sup>2</sup>と高い1軸圧縮強度を示した。KG9の3日室温養生後のサンドゲル(I)固結体は200N/cm<sup>2</sup>の圧縮負荷では破壊がみとめられず、265N/cm<sup>2</sup>と高い1軸圧縮強度を示した。最高到達強度は平均480～500N/cm<sup>2</sup>と高く、その値は非液化化防止目的の改良地盤強度として十分高い高品質な地盤固結強度となっていた。

#### 【0230】実施例10～14

表5に記載の実施例10～実施例14の配合表に従い、実施例1と同様な手順で、主剤液：硬化剤液の容量比率で1：1または3：1の割合で混和してなる2液混合型の懸濁組成物〔(実施例10；KG10)～(実施例14；KG14)〕を調整した。そしてローシェアー粘度特性、流動消失時間、高速浸透作業性試験、サンドゲル固結特性試験をそれぞれ行って、その結果を表7に示した。

【0231】実施例10～実施例14の各懸濁組成物〔(KG10)～(KG14)〕の各3日室温養生後のサンドゲル固結体はそのいずれの例に於いても30N/cm<sup>2</sup>以上の圧縮強度を示す事が判明した。

【0232】また(KG10)～(KG14)の各懸濁組成物は砂と混和させるとその液ライフに比較し急結に硬化する活性を持ちあわせている事が判明した。

【0233】また(KG10)～(KG14)の各懸濁組成物の非流動化時間は0.2～0.4時間の範囲にあり緩結性の性質を示した。

【0234】なお、実施例9～実施例14の各懸濁組成物群はいずれも高速浸透作業性にすぐれており、ほぼ標準砂グレードの川砂地盤に対して浸透注入工法が適用できる1液型ないし2液型の懸濁型グラウト剤組成物として広く当業界に通用することが明らかであった。

#### 【0235】比較例1～4

表5に記載の比較例1～4の配合表に従い、実施例1と同様な手順でそれぞれ2液混和型の懸濁組成物〔(比較例1；KF1)～(比較例4；KF4)〕を調整した。

そしてローシェアー粘度特性、流動消失時間、高速浸透作業性試験、サンドゲル固結特性試験をそれぞれ行って、その結果を表7に示した。

【0236】なお、比較例1とはメタカオリン微粒子(M2)とフライアッシュ微粒子とを主成分とし、硬化剤として硫酸ナトリウムと炭酸ナトリウムを含有させてなる比較懸濁組成物であるが、10日養生しても何等硬化発現性が無かった。

【0237】また、比較例2とは分散助剤2を含むフライアッシュ微粒子を主成分とし、硬化剤成分として炭酸ナトリウムとアルカリ水ガラスとを含有させて成る比較懸濁組成物であるが、その硬化性は弱く貧弱であった。

【0238】また比較例3とはメタカオリン微粒子(M2)と水砕スラグ(S2)微粒子とを主成分とし、硬化剤液は水酸化ナトリウム溶液とした比較懸濁組成物であるが、比較例2と同様、硬化性ならびにその強度は低く脆弱で固結信頼性に欠けた。また比較例4とはメタカオリン微粒子と消石灰と炭酸ナトリウムとを含有してなる懸濁組成物であるが、比較例1と同様、硬化性を示さない組成物であった。

#### 【0239】比較例5～6

表5に記載の比較例5～6の配合表に従い、実施例1と同様な手順でそれぞれ2液性の懸濁組成物〔(比較例5；KF5)～(比較例6；KF6)〕を調整した。そしてローシェアー粘度特性、流動消失時間、高速浸透作業性試験、サンドゲル固結特性試験をそれぞれ行って、その結果を表7に示した。

【0240】なお、比較例5とは実施例11組成物に於いてスラグ2の290部の内その50部をセメントP1に代替させて併用し、かつまた、硫酸ナトリウムと炭酸ナトリウム及び分散助剤を一切使用しないで代わりにアルカリ水ガラス溶液を用いた比較懸濁組成物KF5である。比較例5のKF5懸濁組成物は瞬結性を示し、ホモゲル塊生成時のブリージング率が0%、高速浸透作業性試験結果は×であった。また3～7日養生後のサンドゲル1軸圧縮強度値はいずれも20N/cm<sup>2</sup>以下と低く、固結信頼性に欠けるものであった。

【0241】また比較例6とは実施例7組成物に於いてスラグ2の290部の内その50部をセメントP1に代替させて併用し、かつまた、硫酸ナトリウムと炭酸ナトリウム及び分散助剤を一切使用しないで代わりにアルカリ水ガラス溶液を用いた比較懸濁組成物である。比較例6のKF6懸濁組成物は瞬結であり、ホモゲル塊形成時のブリージング率は0%、高速浸透作業性試験結果は×であった。また3日養生後のサンドゲル1軸圧縮強度値はいずれも5N/cm<sup>2</sup>程度と低く、急速固結信頼性に欠けた。

#### 【0242】

#### 【表5】

表5 実施例及び比較例の配合表

配合 例 No	懸濁組成物の総量 1 L 当たりの配合量 (部)												
	主 剤 液 組 成									硬化剤液組成			
	メタケオリソ M1 M2	スラグ S1 S2	フライアッシュ シュ	セメント P1	消石灰 C1 C2 C3	分散剤 E2	水	水	硫酸 Na	炭酸 Na			
実 1	100 -	- 200	-	-	100 -	-	492	223	50	20			
施 2	- 200	20 -	-	-	- 150 -	6	578	211	100	5			
例 3	- 200	- 50	-	-	- - 150	6	568	227	50	10			
4	- 200	100 -	-	-	100 -	6	577	227	30	30			
番 5	- 125	- -	-	-	- - 125	-	634	227	50	10			
号 6	- 10	- 290	-	-	- 50 -	3	368	492	20	2			
7	- 50	- 150	-	100	- 50 -	10	351	470	75	5			
8	- 100	- -	200	-	- 50 -	6	604	227	50	10			
9	100 -	- 200	-	-	- 100 -	10	573	223	50	20			
1 0	200 -	- 100	-	-	- 100 -	12	571	227	30	30			
1 1	150 -	- 150	-	-	- 30 20	10	650	210	75	5			
1 2	10 -	- 140	100	50	- 50 -	12	596	220	50	10			
1 3	125 -	- -	-	-	- 125 -	8	576	220	50	10			
1 4	100 -	- 200	50	-	- 50 -	8	596	220	50	10			

  

配合 例 No	懸濁組成物の総量 1 L 当たりの配合量 (部)												
	主 剤 液 組 成							硬化剤液組成					
	メタケオリソ M2	スラグ S2	フライアッシュ シュ	セメント P1	消石灰 C1	分散剤 E1	水	水	硫酸 Na	炭酸 Na	硬 X	硬 Y	
比 1	300	-	10	-	-	-	625	227	50	10	-	-	
較 2	-	-	300	-	-	6	387	466	-	50	20	-	
例 3	200	100	-	-	-	-	618	239	-	-	-	20	
番 4	200	-	-	-	200	-	650	242	-	20	-	-	
号 5	10	240	-	50	50	-	384	493	-	-	10	-	
6	100	150	-	50	100	-	507	243	-	-	10	-	

【0243】表中記載の記号の説明

スラグのS1とは水砕スラグ1を、同S2とは水砕スラグ2をそれぞれ意味する。

【0244】また、消石灰のC1とは消石灰1を、C2とは消石灰2を、C3とは消石灰3を意味する。また更に分散助剤のE1とは分散助剤1を、E2とは分散助剤2を意味する。

【0245】また硫酸Naとは無水硫酸ナトリウムであり、炭酸Naとは無水炭酸ナトリウムの事である。硬Xとは2号水ガラス溶液を硬Yは水酸化ナトリウムをそれぞれ意味する。

【0246】

【表6】

表6: 実施例及び比較例の水を除く成分重量比率表

配合		成分構成比率 (重量%)						
例 No.	材料名	ポゾラン反応性粒子	消石灰	硫酸Na	ソーダ灰	分散剤		
実施例 1	21.1	42.5	21.2	10.6	4.3	—		
2	41.9	4.2	31.4	21.0	1.0	0.5		
例 3	43.3	10.8	32.4	10.8	2.2	0.5		
4	43.3	21.6	21.6	6.5	6.5	0.5		
番号 5	40.3	—	40.3	16.1	3.2	—		
6	2.6	77.8	11.5	17.3	0.5	0.3		
7	23.1	46.1	11.5	17.3	1.1	0.7		
8	24.3	48.3	12.1	2.4	2.4	0.6		
9	21.1	42.2	21.2	10.6	4.2	0.6		
10	43.1	21.6	21.6	6.5	6.6	0.8		
11	34.6	34.6	11.5	17.3	1.1	0.7		
12	24.3	48.5	12.1	2.4	2.4	0.6		
13	40.0	—	40.0	16.0	3.2	0.8		
14	21.7	54.1	10.8	10.8	2.2	0.3		

  

配合		成分構成比率 (重量%)						
例 No.	材料名	ポゾラン反応性粒子	消石灰	硫酸Na	ソーダ灰	E1	硬X	硬Y
比較例 1	81.1	2.7	—	13.5	2.7	—	—	—
2	—	80.6	—	—	13.4	0.6	5.4	—
例 3	62.5	31.3	—	—	—	—	—	6.2
4	47.6	—	47.6	—	4.6	—	—	—
番号 5	—	—	—	—	—	—	—	—
6	2.8	80.6	13.9	—	—	—	2.8	—
7	24.4	48.6	24.4	—	—	—	2.4	—

【0247】表中記載の記号の説明

ポゾラン反応性粒子とは「水砕スラグ+フライアッシュ+セメント」の意味である。

【0248】また硫酸Naとは無水硫酸ナトリウムであり、ソーダ灰とは無水炭酸ナトリウムの事であり、E1\*

\*とは分散剤1の事である。

【0249】硬Xとは2号水ガラス溶液を意味し、硬Yとは水酸化ナトリウムをそれぞれ意味する。

【0250】

【表7】

表7 物性評価結果

項目	強度 N/cm <sup>2</sup>			強度 N/cm <sup>2</sup>			スラリー粘度 mPa・s	流動消失時間 Hrs	浸透作業性	フリージツク率 (%)
	1日	3日	10日	1日	3日	10日				
例 No.										
実施例 1	111	260	490	120	273	451	>300	0.3	×	1
2	—	60	215	—	69	211	50	45	×	3.1
3	—	45	142	—	64	205	70	0.3	○	2
4	—	38	119	—	52	198	89	0.2	○	0
5	—	35	122	—	37	127	>300	0.2	○	0
6	142	355	539	152	332	489	25	2	○	1.0
7	88	201	281	79	197	276	45	0.4	○	3
8	—	35	117	—	36	127	210	0.3	○	0
実施例 9	3日	7日	28日	3日	7日	28日	mPa・s	Hrs		
10	265	440	490	275	447	498	50	0.3	○	0
11	35	110	115	37	105	111	51	0.2	○	0
12	194	255	278	190	250	266	27	0.35	○	2
13	116	204	247	108	202	231	50	0.2	○	0
14	32	115	128	30	111	123	35	0.2	○	0
14	215	381	416	210	399	433	40	0.2	○	0
項目	強度 N/cm <sup>2</sup>			強度 N/cm <sup>2</sup>			スラリー粘度 mPa・s	流動消失時間 Hrs	浸透作業性	フリージツク率 (%)
例 No.	3日	10日	8日	10日	8日	10日				
比較例 1	未硬化	未硬化	未硬化	未硬化	未硬化	未硬化	>300	硬化せず	×	—
2	未硬化	<5	未硬化	<7	未硬化	未硬化	>100	0.1	×	—
3	未硬化	18	未硬化	未硬化	未硬化	未硬化	25	0.7	○	—
4	未硬化	未硬化	未硬化	未硬化	未硬化	未硬化	>300	硬化せず	×	—
5	>5	17	>5	13	>5	>300	5秒	×	×	0
6	>5	76	>5	69	>5	>300	5秒	×	×	0

【0251】記号の説明

50 表7中の未硬化との表示は成型固化物が極めて脆弱であ

る事から脱型採取する事が困難であった事を意味する。 \*【0253】  
 【0252】浸透作業性とは高速浸透作業性測定結果で 【表8】  
 ある。 \*

表8 耐久性評価結果

例 No.	サンドゲル(Ⅰ)の強度保持率(%)			
	水中養生1ヶ月後	水中養生3ヶ月後	水中養生6ヶ月後	水中養生12ヶ月後
実施例1	104	103	100	100
5	102	99	97	96
9	102	103	101	100
12	101	103	105	105

## 【0254】実施例15

アルミポリエチレンラミネート袋にベントナイト微粒子(B2)の100部と水砕スラグ微粒子(S2)の200部と消石灰微粒子(C2)の100部と無水硫酸ナトリウム粉末の75部からなるドライミックス包装袋を作成し、温度40℃、湿度90%の雰囲気下に1ヶ月間保存した後、水道水の796部を加えて攪拌し、実質表5の実施例1と同組成からなる懸濁組成物；KG15を調整した。

【0255】得られたKG-15懸濁組成物の諸物性および耐久性に関してはKG1の諸物性および耐久性とほとんど同じ結果を得た。

## 【0256】実施例16

無水硫酸ナトリウムの20部に代えて過硫酸カリウム複水塩の2.5部と過硫酸ナトリウム複水塩の2.5部と更に無水硫酸ナトリウムカリウムの15部とした以外は実施例11と同様な組成物からなる懸濁型組成物；KG16を調製した。

【0257】その結果、KG16の初期スラリー粘度は25mPa・sと低粘度であった。またその葉液の流動消失時間はおよそ0.3時間でかつ浸透作業性は○であった。また養生3日後のサンドゲル(Ⅰ)強度は295N/cm<sup>2</sup>、養生28日後のサンドゲル強度(Ⅰ)強度は479N/cm<sup>2</sup>の値を示し、細砂地盤と混和されると急速固結性がいかに発揮された。この懸濁型組成物；KG16のホモゲル塊形成時のブリージング率はおよそ10%未満と低い値であった。またサンドゲル形成時のブリージング率は高くとも1%以内と極めて小さかった。すなわちKG16組成物は細砂地盤を対象とする浸透注入可能な高強度で固結信頼性に富む地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤組成物であった。

## 【0258】実施例17

無水硫酸ナトリウムの20部に代えて重硫酸ナトリウム1水塩の5部と重亜硫酸ナトリウム無水物の5部と更に無水硫酸ナトリウムの10部とした以外は実施例11と同様な組成物からなる懸濁型組成物；KG17を調製した。その結果、KG17の初期スラリー粘度は23mPa・sと低粘度であった。またその葉液の流動消失時間はおよそ0.3時間でかつ浸透作業性は○であった。また養生3日後のサンドゲル(Ⅰ)強度は280N/cm<sup>2</sup>、養生28日後のサンドゲル強度(Ⅰ)強度は450

10 ~470N/cm<sup>2</sup>の値を示し、細砂地盤と混和されると急速固結性がいかに発揮された。この懸濁型組成物；KG17のホモゲル塊形成時のブリージング率はおよそ10%程度であり、またサンドゲル形成時のブリージング率は高くとも1%以内と極めて小さかった。すなわちKG17組成物は細砂地盤を対象とする浸透注入可能な高強度で固結信頼性に富む地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤組成物であった。

## 【0259】実施例18

無水硫酸ナトリウムの50部に代えて亜硫酸カリウム7水塩の45部とチオ硫酸ナトリウム複水塩の5部とした以外は実施例6と同様な組成物からなる懸濁型組成物；KG18を調製した。その結果、KG18の初期スラリー粘度は48mPa・sであった。またその葉液の流動消失時間はおよそ7日と長い液ライフを持ち、かつ浸透作業性は○であった。また養生3日後のサンドゲル(Ⅰ)強度は175N/cm<sup>2</sup>、養生28日後のサンドゲル強度(Ⅰ)強度はおよそ406N/cm<sup>2</sup>の値を示し、細砂地盤と混和されると急速固結性がいかに発揮された。またサンドゲル形成時のブリージング率は高くとも2%以内と極めて小さかった。すなわちKG18組成物は細砂地盤を対象とする粉体混合方式や懸濁攪拌方式等による地盤改良工法に際して利用可能な、高強度で固結信頼性に富む地盤固結改良剤または地盤固結改良剤組成物であった。

## 【0260】実施例19

無水硫酸ナトリウムの50部に代えて硫酸ナトリウム無水物の33部と硫酸マグネシウム12水塩の2部と更に過硫酸ナトリウム複水塩の15部とした以外は実施例6と同様な組成物からなる懸濁型組成物；KG19を調製した。その結果、KG19の初期スラリー粘度は54mPa・sと低粘度であった。またその葉液の流動消失時間はおよそ8日と長い液ライフを持ち、かつ浸透作業性は○であった。また養生3日後のサンドゲル(Ⅰ)強度は182N/cm<sup>2</sup>、養生28日後のサンドゲル強度(Ⅰ)強度は417N/cm<sup>2</sup>の値を示し、細砂地盤と混和されると急速固結性がいかに発揮された。この懸濁型組成物；KG19を用いたサンドゲル形成時のブリージング率は高くとも2%以内と極めて小さかった。すなわちKG19組成物は細砂地盤を対象とする浸透注入可能な高強度で固結信頼性に富む地盤固結改良剤また

は懸濁型グラウト剤組成物であった。

#### 【0261】実施例20

表5の実施例11の懸濁組成物に於いて、無水炭酸ナトリウムの20部に替えて固形かんすいの20部とした以外は全く同様にして調製された懸濁組成物をKG20とした。KG20の懸濁組成物はスラリー粘度が25mPa・sを呈し、流動消失時間は0.3時間と判明した。またホモゲル塊生成時のブリージング水発生率は8~11%と低かった。KG20の高速浸透作業性試験結果は○であり、懸濁型グラウト剤としての適性を持つものであった。

【0262】またサンドゲル(I)強度はそれぞれ1日養生後:133N/cm<sup>2</sup>、3日養生後:397N/cm<sup>2</sup>、10日養生後:569N/cm<sup>2</sup>の値を得たことから、細砂地盤に対し高速固結信頼性に富む地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤組成物であった。

【0263】以下の実施例21~実施例23は、それぞれ大型モデル地盤を用いての地盤改良工法適性試験の結果である。

#### 【0264】実施例21

実施例5のKG1で表される2液型の懸濁組成物を総量で約600Lを新たに調整し、以下の模擬地盤-1に対して2ショット注入試験を実施した。

【0265】まず砂質土(I)を2m四方、高さ4mの試験槽に充填し水締めして後24時間放置して模擬地盤-1とした。一般に用いられているグラウトマシンを使用し、グラウト注入管をその先端吐出口から容器底面までの距離を100mmとした位置まで差込んで固定させ、その位置で30L/分の注入速度で2液から成るKG1を10分間注入した。その後30分放置後、注入管を290mm程度引き上げた位置でKG1懸濁組成物を25L/分の速度で10分間注入した。また更に注入管を290mm引き上げてその位置で2液調整後30分以上経過後のKG1組成物を20L/分の注入速度で10分間注入作業を実施した。合計5ステップにわたる注入操作を実施し、KG1の懸濁組成物は調整から注入作業終了まで一貫して1時間以内で完了した。また5ステップ注入作業中に於いて、注入圧力の急上昇などの現象は一切観察されなかった。

【0266】3日後に、模擬地盤-1上面の注入管の位置を中心とした半径30cmの円周上の各4点から試験槽内の鉛直方向に金属棒を差し入れた所、どの部位に於いても深さ約2.5mの地点で固結体と思われる塊に当たった。

【0267】注入から7日後に試験槽を解体し、未固結部分の水で洗い流して固結体を露出させた。その結果、浸透固結塊は概ね直径1m、高さ1.45mであった。

【0268】また、約5cm大のキュウピック塊を5点採取し、その密度を測定した結果、密度のバラツキはほとんど無かったことから均等に浸透固結してなる砂質土

(I)サンドゲルが形成されている事が判明した。そして該サンドゲル(I)強度は最低値でも400N/cm<sup>2</sup>を超える高い圧縮破壊強度を持つものであった。

【0269】また更に、砂質土(II)を用いて構成され、前記模擬地盤-1と全く同様に調整された模擬地盤-2に対しても、KG1懸濁組成物を用いて前記したと同様に行った浸透固結試験の結果は、模擬地盤-1の結果と同じ内容の固結体を形成していた。

#### 【0270】実施例22

表5の実施例6の配合表で示したと同様なKG6懸濁組成物を総量で約1,000Lを新たに調整し、実施例21と同様な模擬地盤-1に対して小型ミキシングロッドを挿入して混合固結実験を実施した。

【0271】まず小型ミキシングロッドを挿入しつつ、その先端吐出口から容器底面までの距離を100mmとした位置まで模擬地盤-1に差込んで固定させ、その位置で25L/分の注入速度でゆっくりと深さ200cmの位置まで引き上げながらKG6懸濁組成物を30分間注入攪拌混合した。

【0272】2日後に、模擬地盤-1上面の小型ミキシングロッド挿入位置を中心とした半径30cmの円周上の各4点から試験槽内の鉛直方向に金属棒を差し入れた所、どの部位に於いても深さ約2mの地点で固結体と思われる塊に当たった。

【0273】注入から7日後に試験槽を解体し、未固結部分を水で洗い流して固結体を露出させた。その結果、浸透固結塊は概ね直径1m、高さ1.9mの地中杭が形成されていた。

【0274】また該固結体を鉛直方向及び水平方向の数箇所に切断し内部のサンドゲル構成状況を詳細に観察した結果、砂質土と混和してなる固結体であることが判明。

【0275】また、約5cm大のキュウピック塊を5点採取し、その密度を測定した結果、密度のバラツキはほとんど無かったことから均等に浸透固結してなる砂質土(I)サンドゲルが形成されている事が判明した。

【0276】また更に、砂質土(II)を用いて構成された前記模擬地盤-1と全く同様な模擬地盤-2に対しても前記同様に行った小型ミキシングロッドを介した固結試験の結果は、模擬地盤-1の結果とほとんど同じであった。

#### 【0277】実施例23

表5の実施例9の2液型からなるKG9懸濁組成物を総量約600Lを新たに調整し、以下の模擬地盤-1に対して2ショット方式の超高圧混合工法で地盤固結実験を実施した。

【0278】その模擬地盤-1としては、砂質土(I)を2m×5m、高さ4mの試験槽に充填し、水締めして後24時間以上放置してなる模擬地盤である。

【0279】その模擬地盤-1にグラウト用の注入ミキ

シング管を底面から100mmの位置まで差込み、該注入ミキシング管の先端附近に設けられた管側面の複数個の吐出孔からKG9懸濁組成物を圧力3kN/cm<sup>2</sup>の超高压下に、2ショット方式でかつ30L/分の吐出速度にて吐出させた。

【0280】なお、吐出応力で吐出孔部が自由回転する構造となっており、管周辺の円直方向360°に均一に地盤固結改良剤を吐出させた。

【0281】更に、吐出開始後ゆっくりと該注入ミキシング管を引上げて深さ2mの位置まで引き上げて同注入操作を停止させた。

【0282】施工数日後に、模擬地盤-1上面の注入点の真中を中心とした半径100cmの円周上の各4点から試験槽内の鉛直方向に金属棒を差し入れた所、どの部位に於いても深さ約1.8mの地点で固結体と思われる塊に当たった。

【0283】7日後に試験槽を解体し、未固結部分を水で洗い流して固結体を露出させたところ、浸透固結塊は半径125~150cmと長く、砂質土(I)とKG9懸濁組成物がよく混合一体固結化された高強度サンドゲル塊からなる地中杭を形成している事が観察された。

【0284】ところで、表5に示された実施例1~実施例14の各懸濁組成物は本発明の地盤固結改良剤の実施例であるが、水に懸濁させてなるKG2~KG14、KG16~KG20の各懸濁組成物そのものは本発明の懸濁型グラウト剤を兼ねているものである。

【0285】

【発明の効果】本発明の地盤固結改良剤は実施例1~14(表5~表7)及び実施例15~20で明らかな様に、その流動消失時間が実施例10の0.2時間から実施例2の45時間といった具合に任意に調整可能であり、一旦細砂と混和されると、直ちに固結反応が進行し短時間内に目的以上の地盤改良強度に達する作用効果を持つ事が明らかである。

【0286】本発明の懸濁型グラウト剤に於いても前記同様の作用効果を有するのみならず、豊浦標準砂に匹敵する細砂地盤に対して高速浸透注入性が発揮されている事があわせて明らかである。

【0287】上記特性を持つ地盤固結改良剤または懸濁型グラウト剤はこれまでに全く知られていない。

【0288】また実施例21~実施例23で明らかな様に、本発明の地盤固結改良剤や懸濁型グラウト剤に於いては公知の安価な地盤改良工法の採用で地盤の確実な固

結改良が容易である事が明らかである。すなわち、標準砂並みの細砂質モデル地盤に対し、薬液注入工法またはミキシングロッド工法、高压混合法等で代表される公知工法で、なんら問題無く改良工事が出来、理想的な浸透固結塊や機械混合固結塊等を任意に地中に形成できる作用効果を持つことがあきらかである。

【0289】特に、高フミン質有機酸を含有する砂質土地盤及び/またはカルシウムイオン吸着交換能が大きい硬化させずらい砂質土地盤を、本発明の地盤固結改良剤または本発明の懸濁型グラウト剤では施工後(砂質土中に投入混合施工後)1~3日以内と短時間内に確実に低くとも25N/cm<sup>2</sup>以上と高いサンドゲル強度特性を現現できる新規な地盤改良剤であると言える。

【0290】また表8の耐久性評価結果に示す様に、本発明の地盤固結改良剤または本発明の懸濁型グラウト剤を用いた、一般的に固結させずらい細砂地盤のサンドゲル固結体は12ヶ月間の温水浸漬劣化試験で問題となる様な著しい強度低下は認められない事から、本発明の地盤固結改良剤または本発明の懸濁型グラウト剤は耐久性に極めて優れる事が明らかである。

【0291】また一方、比較例1~比較例6の懸濁組成物ではそのいずれも発明の目的を達成できていない。

【0292】本発明の地盤固結改良剤は解決すべき課題に挙げた(A)~(C)の全てを満たす点でその効果が特に顕著である。

【0293】また本発明の懸濁型グラウト剤は解決すべき課題に挙げた(B)~(F)の全てを満たす点でその効果が特に顕著である。

【0294】すなわち、本発明の効果を総論すると、フミン酸で代表されるフミン質有機酸及び/または陽イオン吸着交換能を有する粘土鉱物を多く含有し、地震時に液状化災害、滑り破壊災害、不同沈下災害等の重大災害の発生が予想される砂質土地盤及び/または礫質地盤への浸透注入工法による地盤改良現場に於いて、本発明の地盤固結改良剤または本発明の懸濁型グラウト剤では高速高浸透作業性が確保できる上に短時間固結性を示す事から、環境負荷が極限まで抑制出来、改良総コストが安くかつ高信頼性の地盤改良を可能にする組成物を提供できる効果を奏するものである。

【0295】併せて、耐久性に優れた地盤固結改良方法ならびに連続地中杭または連続地中壁の構築方法等を安価に提供出来る効果を持つ。